

النسخة الأولي

د. جمعة محمد داود

١٤٣٣ هـ / ٢٠١٢ م

أسس التحليل المكانـي في إطار نظم المعلومات الجغرافية

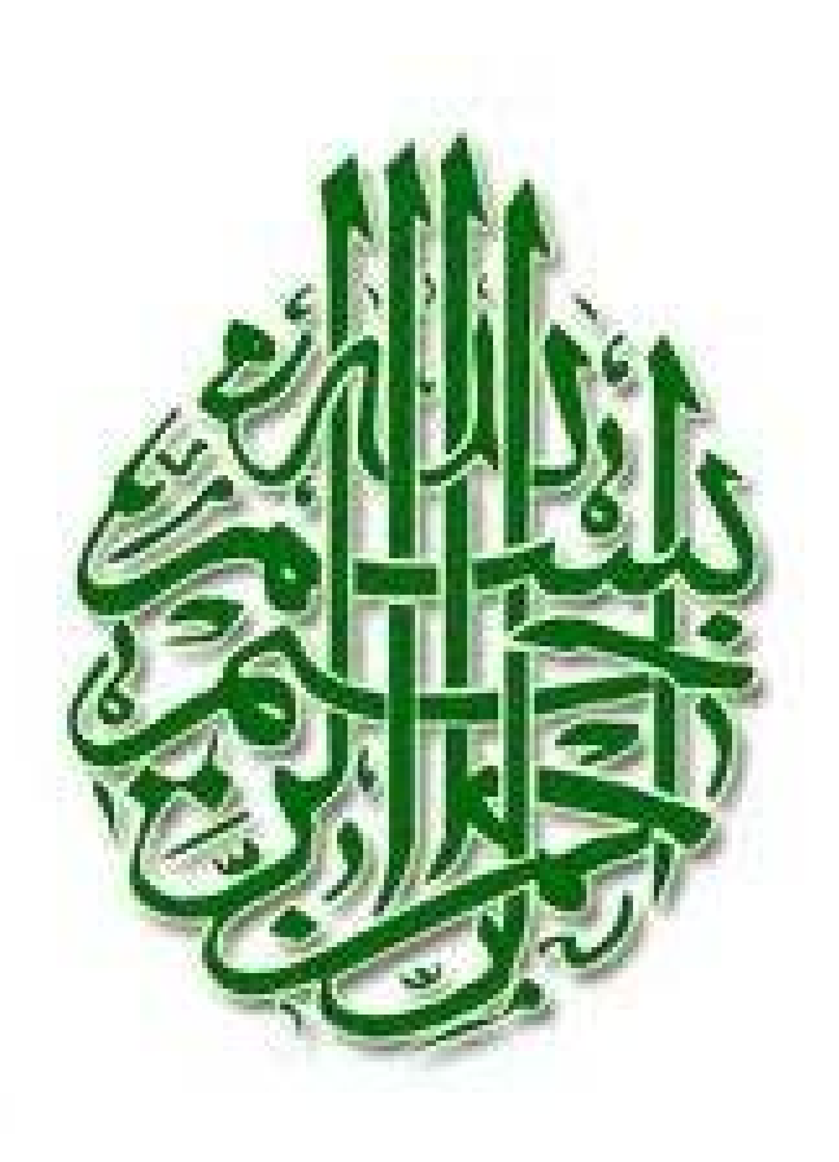
Principles of GIS Spatial Analysis

د. جمعة محمد داود

Gomaa M. Dawod, PhD

النسخة الأولي

١٤٣٣ هـ / ٢٠١٢م


بسم الله الرحمن الرحيم



اتفاقية الاستخدام

للإشارة إلي هذا الكتاب - كمرجع – برجاء إتباع النموذج التالي:

باللغة العربية:
داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٢ ، أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية ، مكة المكرمة ، المملكة العربية السعودية.

باللغة الانجليزية:
Dawod, Gomaa M., 2012, Principles of GIS Spatial Analysis (in Arabic), Holly Makkah, Saudi Arabia.

مقدمة النسخة الأولى

بسم الله الرحمن الرحيم و الحمد لله العليم القدير الذي وهبني علما ووفقني في حياتي ، والصلاة والسلام علي معلم الأمم و خير البرية محمد بن عبد الله عليه الصلاة و السلام.

أدعو و أبتهل إلي مولاي و خالقي عز و جل أن يتقبل مني هذا العمل لوجهه الكريم فما أردت إلا إرضاؤه تعالي وتحقيقا لقول رسوله الكريم أن عمل ابن ادم ينقطع بعد موته إلا من ثلاث أحدهم: علم ينتفع به.

أردت أن أقدم عملا باللغة العربية عن **مبادئ وأسس التحليلات المكانية باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية GIS** بما يناسب طلاب المرحلة الجامعية ، وربما إن وهبني الله عز و جل عمرا و صحة أن أكمل هذا العمل في كتب آخري أكثر تعمقا لهذا الموضوع الحيوي و تطبيقاته العملية. وأود أن أشير إلي تجاربي السابقة لتأليف كتب باللغة العربية عن تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع (الجي بي أس) وكتاب مبادئ علم المساحة وكتاب المدخل إلي الخرائط الرقمية وكتاب المساحة الجيوديسية وهم موجودين مجانا في عدد كبير من مواقع الانترنت.

يعد هذا الكتاب المستوي **الثاني** عن تقنية GIS حيث ضم كتابي الأول "المدخل إلي الخرائط الرقمية" مبادئ و أسس استخدام هذه التقنية في تطوير الخرائط الآلية بكافة صورها و أنواعها (المستوي **الأول**).

قمت بتقسيم الكتاب إلي جزأين أحدهما للأساسيات النظرية للإحصاء الغير مكاني و الإحصاء المكاني (وان كان ملخصا سريعا لا يغني عن الاستعانة بالمراجع الإحصائية) والثاني للتدريب علي تنفيذ التحليلات المكانية عن طريق نظم المعلومات الجغرافية (باستخدام برنامج **Arc GIS الإصدار ٩.٣**) . لكن لا يمكن شرح وتعليم كل أنواع و تطبيقات التحليل المكاني في كتاب واحد فاكتفيت بأساسياتها فقط وبصورة سريعة ومن هنا جاء اسم الكتاب كأسس للتحليلات المكانية.

أدعو كل قارئ و كل مستفيد من هذا الكتاب أن يدعو الله تبارك و تعالي أن يغفر لي و لوالدي ، وأيضا ألا يحرمني من رأيه و تعليقاته وتصويباته - فلا يوجد كتاب إلا و به نواقص و أخطاء - سواء عبر البريد الالكتروني أو عبر منتدى الهندسة المساحية في:

http://surveying.ahlamontada.com/

بسم الله الرحمن الرحيم ..... **وقل ربي زدني علما** .... صدق الله العظيم.

جمعة محمد داود

gmmahmoud@uqu.edu.sa

مكة المكرمة: ذو القعدة ١٤٣٣ هـ الموافق أكتوبر ٢٠١٢ م

إهداء

إلي روح أمي الحبيبية رحمها الله و طيب ثراها و أسكنها فسيح جناته ..... فقد كان لها كل الفضل بعد الله سبحانه و تعالي في حياتي كلها .... اشتقت اليكي جدا وأتمنى أن أراكي قريبا في جنة الخلد يا أمي.

وأيضا (إن كان يجوز لي أن أتجاوز قدري):

إلي ***مكة المكرمة*** التي شرفني خالقي بالعيش في رحابها لعدة سنوات .....



شكر

أتوجه بخالص الشكر إلي الروح الكريمة التي شاركتني إعداد هذا الكتاب - وخاصة الجزء العملي - و رأت ألا تضع أسمها عليه إنكارا للذات و طلبا لثواب أكبر من المولي عز و جل.

المحتويات

صفحة

تابع المحتويات

صفحة

تابع المحتويات

صفحة

القسم الثاني (العملي)

تابع المحتويات صفحة

تابع المحتويات

صفحة



الجزء الأول: الأسس النظرية

الفصل الأول
مقدمة

١-١ مقدمة

يتميز الزمن الحالي الذي نعيشه بأنه عصر الثورة المعلوماتية حيث تتسابق الدول و المؤسسات في جمع المعلومات و تنظيمها والاستفادة منها في شتي مجالات التنمية البشرية. في العقود القليلة الماضية أبتكر الإنسان عدة وسائل تقنية حديثة – مثل الحاسبات الآلية و الأقمار الصناعية – سمحت بتوافر كم هائل من المعلومات عن بيئة كوكب الأرض و ما يحتويه من معالم و مظاهر، بل توافر للإنسان كم كبير من المعلومات عن الكواكب الأخرى أيضا. من هنا زادت الحاجة الماسة للاعتماد علي طرق التحليل للاستفادة من هذا الكم الهائل من البيانات و القياسات و الأرصاد Data وتحويلها إلي معلومات Information قابلة للتطبيق في التنمية.

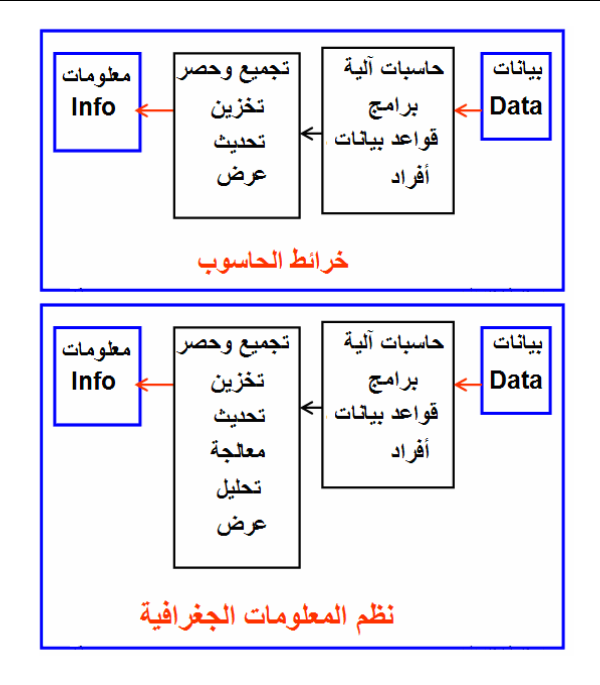
تتميز البيانات في الثورة المعلوماتية بعدة خصائص منها علي سبيل المثال:

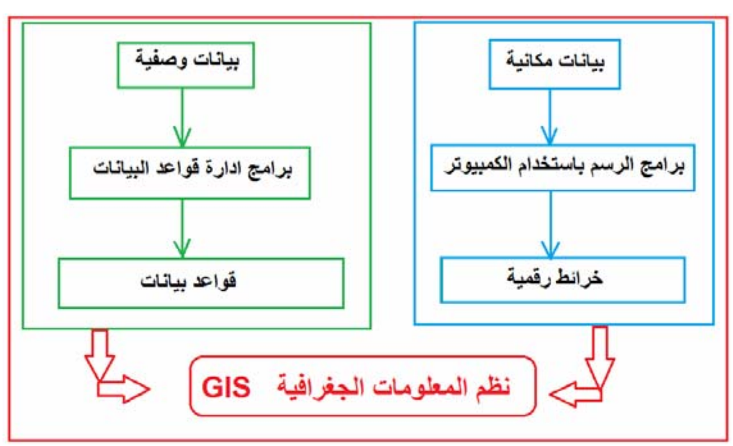
- أنها بيانات خام Raw Data يمكن من خلال المعالجة تحويلها إلي معلومات.
- أن استخدامها يعكس دورا حيويا في عمليات التنمية و التطوير و التخطيط للمجتمعات علي المستويات المحلية و الإقليمية و الوطنية.
- أن معظمها يتميز بأنه ثلاثي الأبعاد (لكل قيمة إحداثياتها الثلاثة الأفقية و الرأسية) بل أن بعضها يتميز بخاصية رباعية الأبعاد (لكل قيمة إحداثياتها الثلاثة بالإضافة للزمن أو التاريخ الذي تمثله هذه القيمة)، ومن ثم فقد أصبح تراكم البيانات تراكما مكانيا و تراكما زمنيا أيضا.
- أن مصادر البيانات ذاتها تتعدد بصورة كبيرة ومن ثم أصبح من الضروري عمل توافق بين أنواعها التي قد تختلف في القياس و الدقة المكانية ومقدار الثقة.
- أنها حتى و إن كانت في صور تخزينية تقليدية (خرائط ورقية أو جداول) فيمكن تحويلها بسهولة إلي صورة رقمية للاستخدام في الحاسبات الآلية في عمليات التخزين و المعالجة و التحليل.

تعد تقنية نظم المعلومات الجغرافية Geographic Information Systems (أو اختصارا GIS) من أهم التقنيات الحديثة التي تمكننا من تجميع و تخزين و معالجة و تحليل كم هائل من البيانات باستخدام برامج حاسب آلي متخصصة. وكما سبق الإشارة[1] إلي أن استخدام هذه البرامج الحاسوبية في رسم الخرائط فقط إنما يمثل تقنية الخرائط الحاسوبية Computer Mapping ولا نستطيع أن نطلق عليه لفظ " تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS " إلا إذا أشتمل هذا الاستخدام علي معالجة و تحليل هذه البيانات و تفسيرها للوصول لحلول مبتكرة للمشكلات التنموية. يشبه وسام الدين محمد عبده[2] مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية الذين يقصرون استخدام هذه التقنية علي إنتاج الخرائط فحسب كمن يستخدم مكوك فضاء لمجرد التنقل بين بيته و مقر عمله !

---

[1] أنظر كتابي: المدخل إلي الخرائط الرقمية
[2] كتاب إدارة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام البرنامج ArcGIS Desktop





شكل (١-١) الفرق بين خرائط الحاسوب و نظم المعلومات الجغرافية

يري الكثيرون أن بداية تطور نظم المعلومات الجغرافية قد بدأت في عام ١٩٦٤م في كندا عندما تم تطوير عملية ترقيم للخرائط (تحويلها من الصورة الورقية إلي صورة رقمية في الحاسبات الآلية) وربط هذه الخرائط الرقمية مع معلومات غير مكانية (أو معلومات وصفية) علي شكل قوائم مما أدي لإنشاء عدة طبقات للزراعة و التربة و الثروة الحيوانية و استخدامات الأراضي لمنطقة المشروع الذي أطلق عليه أسم نظام المعلومات الجغرافية الكندي. وفي عام ١٩٦٩م تم تأسيس شركة معهد البحوث والنظم البيئية Environmental Systems Research Institute المعروفة باسم ESRI في الولايات المتحدة الأمريكية علي يد جاك دينجرموند لتصبح أول شركة خاصة في مجال تطوير برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (وأشهرهم حتى الآن علي المستوي العالمي). وفي عام ١٩٧٠م عقد أول مؤتمر دولي في نظم المعلومات الجغرافية ونظمه الاتحاد العالمي للجغرافيين بدعم من منظمة العلوم والثقافة بالأمم المتحدة (اليونسكو). ومع انطلاق القمر الصناعي الأمريكي Landsat في عام ١٩٧٢م زادت الحاجة إلي نظم المعلومات الجغرافية لتخزين وتحليل وعرض هذا الكم الهائل من المعلومات عن سطح الأرض واستنباط الخرائط منها. ومع بدء العمل بالنظام العالمي لتحديد المواقع GPS في منتصف الثمانينات من القرن العشرين الميلادي أصبح تجميع القياسات الميدانية

أسرع و أسهل ومن ثم زاد انتشار و تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. ومن هنا بدأت العديد من الجامعات في تدريس هذه التقنية الجديدة (أو هذا التخصص العلمي الجديد) وتطبيقها في العديد من العلوم الهندسية و الجغرافية و الزراعية و البيئية.

يخلط البعض بين وصف نظم المعلومات بالجغرافية وبين علم الجغرافيا فيدعي بعضهم أن نظم المعلومات الجغرافية ما هي إلا أحد التقنيات الجديدة للجغرافيا ! ومن ثم يحاول آخرون (في الفريق المضاد) تغيير مسمي هذه التقنية إلي أسم آخر مثل نظم المعلومات المكانية Spatial Information System أو نظم معلومات الأراضي Land Information System. تجدر الإشارة هنا إلي أن كلمة "الجغرافية" في مصطلح نظم المعلومات الجغرافية ما هي إلا دلالة علي أن هذا النوع من نظم المعلومات مرتبط بمكان أو موقع جغرافي محدد علي سطح الأرض، وذلك للتفرقة بين هذا النوع من نظم المعلومات و نظم المعلومات الأخرى التي لا ترتبط بالمكان مثل نظم المعلومات الإدارية للبنوك و الشركات ...الخ.

لا يوجد تعريف محدد لنظم المعلومات الجغرافية ويرجع السبب في ذلك إلي انتشار تطبيق هذه التقنية في العديد من المجالات سواء الحاسوبية أو الهندسية أو الجغرافية أو الزراعية أو البيئية .... الخ ، وبالتالي فكل فريق يقدم تعريفا لنظم المعلومات الجغرافية طبقا لمفهومه و طريقة تطبيقه واستفادته من هذه التقنية. ومن هذه التعريفات:

تعريف Smith 1987: نظام المعلومات الجغرافي هو نظام قاعدة المعلومات الذي يحتوي علي معلومات مكانية مرتبة بالإضافة لاحتوائه علي مجموعة من العمليات التي تقوم بالإجابة علي استفسارات عن ظاهرة مكانية من قواعد المعلومات.

تعريف Parker 1988: نظم المعلومات الجغرافية هي نظم تكنولوجية للمعلومات تقوم علي تخزين و تحليل و عرض المعلومات المكانية وغير المكانية.

تعريف Devine and Field 1986: نظم المعلومات الجغرافية هي نمط من نظم المعلومات يتيح عرض خرائط المعلومات عامة.

تعريف Zoeltz 1989: يتشعب مفهوم نظم المعلومات الجغرافية في شقين أحدهما البرامج وكيفية حصر المعلومات و تخزينها و معالجتها للاستفادة منها لتحقيق هدف معين والآخر قاعدة معلومات تعتمد علي الإحداثيات الجيوديسية التي تسهل التعامل معه.

تعريف Cowen 1988: نظم المعلومات الجغرافية هي نظم دعم القرار بواسطة دمج المعلومات المكانية لخدمة حل القضايا البيئية.

تعريف مؤسسة ESRI 1990: نظم المعلومات الجغرافية هي مجمع متناسق يضم مكونات الحاسب الآلي و البرامج و قواعد البيانات والأفراد المدربين ويقوم هذا المجمع بحصر دقيق للمعلومات المكانية و غير المكانية و تخزينها و تحديثها و معالجتها و تحليلها و عرضها. ربما يكون تعريف مؤسسة ESRI هو الأعم و الأشمل الذي يقدم صورة عامة واضحة عن مكونات و أهداف نظم المعلومات الجغرافية.

يختلف الكثيرون في تحديد ما إذا كانت نظم المعلومات الجغرافية علما أم مجرد تقنية. يري البعض أنها علما يقع بين منطقة التداخل بين عدة علوم أخري مثل المساحة و الحاسب الآلي

والإحصاء و الجغرافيا. كل مفتاح يتم النقر عليه في أي برنامج من برامج نظم المعلومات الجغرافية ما هو إلا تنفيذ مجموعة من الخطوات التي يرجع أصلها إلي واحدة من العلوم المذكورة. فعلي سبيل المثال فأن أمر "تغيير المسقط" داخل برنامج نظم المعلومات الجغرافية قائم علي تنفيذ مجموعة من المعادلات المساحية الرياضية (المساحة الجيوديسية) التي تحدد خطوات حساب تغيير مسقط الخريطة Map Projection من نوع لأخر وكذلك معادلات نقل الإحداثيات من مرجع جيوديسي لأخر. بناءا علي ذلك فان نظم المعلومات الجغرافية تكون – من وجهة نظر من يقوم بتطويرها وابتكار أدوات جديدة بداخلها – علما من العلوم الحاسوبية و المعلوماتية. علي الجانب الأخر فان من يقوم باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية – كما هي - في مجال تخصصه ينظر إليها علي أنها تقنية جديدة تساعده في تطبيقات عملية في مجال عمله وهؤلاء هم مستخدمي نظم المعلومات الجغرافية.

النظرة العامة لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية أنها تقدم لمستخدميها الإجابة علي خمسة أسئلة للوصول لإجابات تناقش كلا من: الموقع Location والشرط Condition و المنحي Trend و النمط Pattern و النموذج Model:

(أ) الموقع: ماذا يوجد في موقع محدد؟ تجيب نظم المعلومات الجغرافية بعرض بيانات (خريطة وبيانات وصفية) للمظاهر الموجودة في مكان محدد.

(ب) الشرط: أين يقع هذا المطلوب؟ تجيب نظم المعلومات الجغرافية بتحديد المواقع التي يتوافر بها شروط أو مواصفات معينة.

(ج) المنحي: ما الذي تغير؟ تجيب نظم المعلومات الجغرافية بتحديد حالة موقع معين في تواريخ مختلفة للتعرف عن المتغيرات الحادثة به.

(د) النمط: كيف تتوزع الظاهرات مكانيا؟ تجيب نظم المعلومات الجغرافية بتحديد نمط توزيع ظاهرة معينة في بقعة جغرافية محددة.

(ذ)النموذج: ماذا لو؟ تجيب نظم المعلومات الجغرافية بصياغة ظاهرة طبيعية و فهم تواريخها و أماكن حدوثها بحيث يمكن التنبؤ بالتغيرات التي قد تطرأ عليها.

١-٢ أنواع البيانات و طرق التحليل

مبدئيا يمكن تقسيم البيانات إلي نوعين أساسين: بيانات مكانية Spatial Data و بيانات غير مكانية Non-Spatial Data. تحدد البيانات المكانية الموقع الجغرافي (الإحداثيات) علي سطح الأرض للظاهرة أو المعلم المكاني قيد الدراسة. بينما أية بيانات أخري – بخلاف الموقع الجغرافي – تتعلق بذات المعلم المكاني فيطلق عليها أسم البيانات غير المكانية. البعض يطلق اسم البيانات الوصفية Attribute Data علي البيانات غير المكانية، إلا أنها مصطلح ربما لا يكون دقيقا أو شاملا لوصف نوعية وخصائص هذا النوع من البيانات. فعلي سبيل المثال عندما نتحدث عن مدرسة معينة فأن الإحداثيات الجغرافية التي تعبر عن موقع هذه المدرسة علي سطح الأرض هي البيانات المكانية لها، بينما تتعدد البيانات غير المكانية لهذه المدرسة لتشمل أسمها و نوعها و مرحلتها التعليمية و أعداد طلابها و فصولها و معلميها .... الخ.

بالمثل فأن تحليل البيانات في إطار نظم المعلومات الجغرافية سينقسم أيضا إلي نوعين طبقا لنوعي البيانات. يشمل التحليل الإحصائي إجراء أعمال التحليل و التفسير للبيانات الرقمية غير المكانية، بينما تحليل البيانات المكانية يطلق عليه اسم التحليل المكاني للبيانات. فعلي سبيل المثال فأن حساب قيمة متوسط كثافة الفصل الواحد في مدرسة يعد تحليلا إحصائيا لبيانات عدد الفصول و عدد الطلاب في هذه المدرسة. علي الجانب الآخر سيقدم لنا التحليل المكاني لمدارس أحد أحياء المدينة وصفا عن طبيعة توزيع هذه المدارس طبقا لمساحة الحي وسيجيب لنا عن سؤال إن كان هذا التوزيع منتظما ومتجانسا في هذا الحي أم أنه هناك حاجة لإنشاء مدارس جديدة بل أيضا من الممكن أن يحدد التحليل المكاني أنسب المواقع الجغرافية لإنشاء هذه المدارس الجديدة.

إن التحليل المكاني يعتمد علي أن لكل ظاهرة حيز أو نطاق مكاني ولها انتشار و توزيع معينين (أي نمط توزيع Pattern) ويهدف هذا النوع من التحليلات إلي كشف العلاقات و الارتباطات المكانية المتبادلة بين مفردات الظاهرة (وأيضا بين عدة أنواع من الظاهرات في نفس الحيز المكاني) للوصول إلي بناء نموذج مكاني للظواهر المكانية.

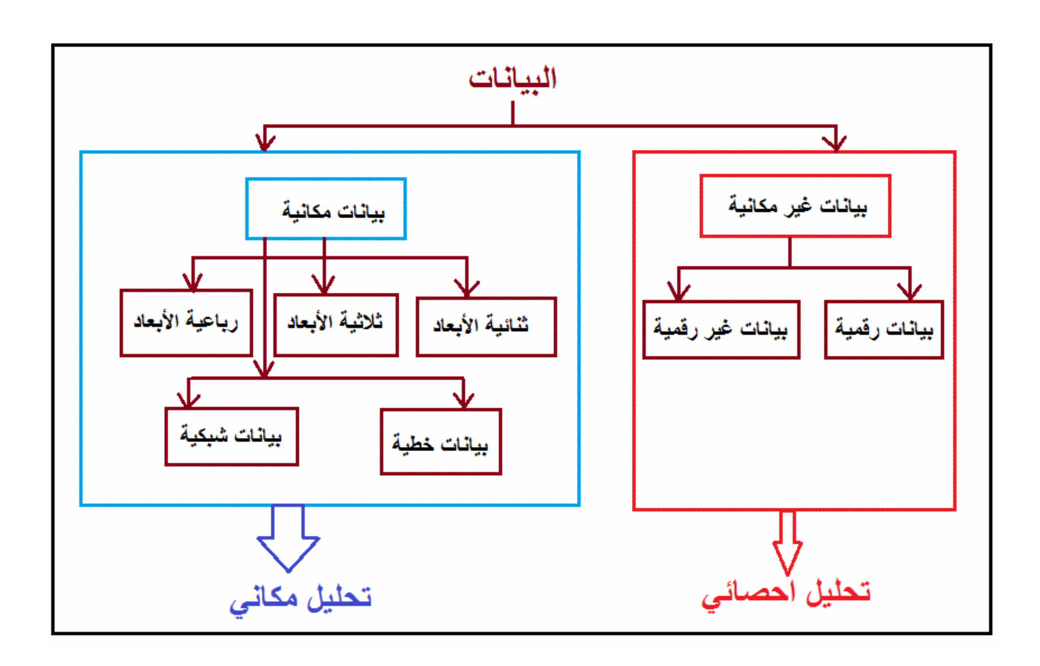
من الممكن أن يتم التحليل المكاني علي عدة مستويات: ثنائي الأبعاد، ثلاثي الأبعاد، رباعي الأبعاد. في التحليل ثنائي الأبعاد Two-Dimensional Analysis (أو اختصارا 2D) يتم تحليل المواقع الأفقية فقط (خط الطول و دائرة العرض علي سبيل المثال) التي تعبر عن الموقع الجغرافي لمفردات الظاهرة قيد الدراسة. أما في حالة توافر قيم البعد الثالث (الارتفاع) لمفردات الظاهرة فمن الممكن تحليل البيانات في الأبعاد الثلاثة 3D أو ما يطلق عليه تحليل السطوح Surface Analysis ، فمثلا يمكن تمثيل مجسم منطقة الدراسة و بيان اختلاف تضاريسها و طبوغرافيتها وإنشاء مقاطع رأسية Cross Sections بين المواقع المختلفة في المنطقة. بل أنه يمكن عمل التحليل المكاني زمنيا – رباعي الأبعاد 4D – في حالة توافر نفس البيانات لعدة فترات زمنية.

يتم تمثيل البيانات في نظم المعلومات الجغرافية من خلال نموذجين: (١) البيانات الخطية أو الاتجاهية Vector Data، (٢) البيانات الشبكية أو الخلوية Raster Data.

- نموذج البيانات الخطية Vector هو تمثيل كافة ظاهرات طبقة من خلال سلسلة متتابعة من الإحداثيات كما في الخريطة الورقية. فالنقطة عبارة عن إحداثيين س،ص لموقع محدد وليس لها مساحة أو بعد، بينما الخط عبارة عن سلسلة من النقاط المحددة الإحداثيات وله بعد (طول) وليس له مساحة، بينما المضلع عبارة عن ظاهرة معينة تنتشر في مساحة محددة ويحيط بها خط. وبالتالي فأن نموذج البيانات الخطية يتكون من ثلاثة أنواع من طرق تمثيل الظاهرات إما في نقطة Point أو خط Line or Arc أو مضلع Polygon. يتميز نموذج البيانات الخطية بالعديد من المميزات أهمها: (١) الدقة في تمثيل مواقع الظاهرات، (٢) حجم تمثيل البيانات لا يتطلب مساحة تخزين كبيرة في الحاسوب سواء في الذاكرة RAM أو القرص الصلب Hard Disk، (٣) سهولة إجراء العمليات الحسابية مثل الطول و المساحة و المحيط، (٤) إمكانية تصحيح المعلومات التي تم إدخالها أولا بأول. لكنه – في المقابل – يعاني من عيبين أساسين وهما انه يتطلب جهدا ووقتا كبيرا في إدخال البيانات كما انه يتطلب خبرة جيدة ودقة عالية لمدخل البيانات ذاته. ومع ذلك فأن نموذج البيانات الخطية هو الأكثر استخداما في نظم المعلومات الجغرافية وخاصة في التطبيقات المساحية و الهندسية بصفة عامة.

- يعتمد نموذج البيانات الشبكية Raster علي فكرة وجود شبكة من المربعات موضوعة علي خريطة ، فإذا انطبق احد المربعات علي نوع معين من الظاهرات فسيحمل هذا المربع رقما يماثل في قيمته كافة نظائره من المربعات التي انطبقت علي نفس الظاهرة. إما إذا انطبق احد مربعات الشبكة علي ظاهرة ثانية في الخريطة فسيحمل هذا المربع رقما ثانيا (مختلفا عن رقم الظاهرة الأولي). وهذه الفكرة تماثل مبدأ التصوير الفوتوغرافي حيث تتكون الصورة من عدد هائل من المربعات متناهية الصغر وتأخذ المربعات لون محدد لتمثيل كل ظاهرة وبالتالي تختلف ألوان الصورة طبقا لاختلاف المظاهر الممثلة عليها. كما سبق الذكر (في الصور الجوية والمرئيات الفضائية) فأن حدود المربع الواحد (أو الخلية pixel) في ملف البيانات الشبكية تحدد دقة الوضوح المكاني أو القدرة التميزية resolution لهذا الملف، فكلما صغر حجم المربع زادت قدرة الوضوح وزادت قدرة تمثيل الظاهرات. يتميز النموذج الشبكي بقدرته علي تمثيل الظاهرات المستمرة وسرعة إدخال البيانات إلي نظام المعلومات الجغرافية، بينما تتمثل أهم عيوب هذا النموذج في انه يتطلب سعة تخزينية كبيرة وأيضا دقته البسيطة نسبيا في التمثيل المكاني إذ أنها تعتمد علي أبعاد المربع أو الخلية pixel كمل أن قدرته علي التحليل المكاني أقل من النموذج الخطي. يستخدم النموذج الشبكي في الصور الجوية و المرئيات الفضائية بصفة عامة وكذلك في الماسحات الضوئية البسيطة scanners.

منا هنا فأن التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية قد يتم علي البيانات الخطية أو علي البيانات الشبكية.



شكل (١-٢) البيانات و التحليل

١-٣ نماذج لدراسات التحليل المكاني باستخدام GIS

أهتم الباحثون المتخصصون في تقنية نظم المعلومات الجغرافية بعمليات التحليل المكاني للبيانات وتطبيقاتها في عدد كبير من الاستخدامات، ونقدم هنا بعض أمثلة هذه الدراسات (من الجامعات العربية) ليستطيع القارئ تكوين صورة عامة عن أهمية و تطبيقات التحليل المكاني.

١. قام مرزا و آخرون[3] (٢٠١٢م) بتطوير نظام معلومات جغرافي رباعي الأبعاد بهدف تقييم مخاطر الفيضان في مدينة مكة المكرمة – من حيث الكم و التوزيع المكاني - في خلال فترة ثلاثين عاما ودراسة العلاقة بين زيادة حجم الفيضان و النمو العمراني للمدينة المقدسة. أيضا قامت الدراسة بتحديد معامل للخطورة السيلية لشبكة الطرق في مكة المكرمة و المشاعر المقدسة (منى و مزدلفة و عرفات) لبيان الطرق الأكثر تعرضا لمخاطر الجريان السطحي سواء في الوقت الراهن أو في المستقبل القريب.
٢. قامت عبد الرحمن[4] (٢٠١٢م) بإنشاء قاعدة بيانات جغرافية للأراضي الفضاء داخل النطاق الحضري لمدينة مكة المكرمة باستخدام المعلومات الجغرافية و دراسة العوامل المكانية المؤثرة في توزيع الأراضي الفضاء داخل المدينة المقدسة وبيان أنماط و خصائص التوزيع المكاني لهذه الأراضي وعلاقتها بظاهرة التعديات علي الأراضي و مخالفة أنظمة تصاريح البناء وتأثيرها السلبي علي النمو الحضري لمكة المكرمة.
٣. طبق عزيز[5] (٢٠٠٧م) أدوات التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لدراسة شبكة النقل الحضري في دولة الكويت بهدف التمثيل الكارتوجرافي لنمط التوزيع وإبراز العلاقات المكانية للشبكة مع توزيع السكان و شبكة الطرق الرئيسية و مراكز جذب الحركة اليومية للركاب.
٤. قامت الجابري[6] (٢٠٠٥م) بدراسة و تحليل النظام الحضري بمنطقة مكة المكرمة الإدارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بهدف دراسة تأثير العوامل الطبيعية و البشرية في توزيع مراكز الاستيطان البشري بالمنطقة.
٥. قام أحمد[7] (٢٠١٠م) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في دراسة كفاءة و توزيع الخدمات الصحية (المستشفيات و المراكز الصحية و الصيدليات) في محافظة القدس بفلسطين.
٦. تناولت دراسة لبني[8] (٢٠١١م) تطبيق تقنيتي نظم المعلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد في دراسة التغير الزراعي في منطقة حائل بالمملكة العربية السعودية. قامت الباحثة بتقييم الارتباط بين التغير الزراعي بمجموعة من العوامل الطبيعية و البشرية خلال عدة فترات زمنية متتالية بالإضافة إلي تحديد درجة الارتباط بين النشاط الزراعي و المصادر الطبيعية في منطقة البحث وخصائص و تركيب التربة وتوافر المياه الجوفية و نوعيتها.

[3] معراج، مرزا و داود، جمعة و الغامدي، خالد والزهراني، رمزي (٢٠١٢م) التأثيرات الحالية و المستقبلية لتغير استخدامات الأراضي و شبكة الطرق علي زيادة مخاطر الفيضان في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظام معلومات جغرافي رباعي الأبعاد، تقرير غير منشور، مركز التميز في أبحاث الحج و العمرة، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

[4] عبد الرحمن، منال بنت علي (٢٠١٢م) التحليل المكاني للأراضي الفضاء في مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

[5] عزيز، محمد الخزامي (٢٠٠٧م) دراسات تطبيقية في نظم المعلومات الجغرافية، الطبعة الأولي، دار العلم، الفصل العاشر.

[6] الجابري، نزهة بنت يقطان (٢٠٠٥م) تحليل النظام الحضري بمنطقة مكة المكرمة الإدارية، رسالة دكتوراه، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

[7] أحمد، سامر حاتم (٢٠١٠م) التخطيط المكاني للخدمات الصحية في منطقة ضواحي القدس الشرقية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة النجاح الوطنية، القدس، فلسطين.

[8] لبني، آلاء بنت محمد (٢٠١١م) التحليل الجغرافي للتغير الزراعي في منطقة حائل: دراسة تطبيقية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

٧. اعتمدت دراسة النفيعي[9] (٢٠١٠م) علي تقدير الجريان السطحي في حوض وادي عرنة بمدينة مكة المكرمة باستخدام الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية بهدف الوصول إلي تقدير مخاطر الفيضان في هذا الوادي علي المستوي المكاني سواء علي مستوي الأحواض الفرعية أو علي مستوي الوادي ككل ومن ثم تحديد الأماكن الأكثر عرضة لمخاطر السيول.

٨. طبق محمد[10] (٢٠٠٦م) نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني لتوزيع مدارس مرحلة التعليم الأساسي بحي المنتزه بمدينة الإسكندرية بهدف تقييم التوزيع الحالي لهذه المدارس و اقتراح توزيع أمثل لها لرفع كفاءة الخدمات التعليمية بمنطقة الدراسة وسهولة الحصول عليها من قبل المستخدمين.

٩. قامت الرحيلي[11] (٢٠١٠م) باستخدام أدوات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية لتقييم موقع المدفن العام للنفايات بالمدينة المنورة من حيث صلاحية الموقع الحالي اعتمادا علي المعايير البيئية العالمية (الجيولوجية و الجيومورفولوجية و الاجتماعية و الاقتصادية و الهندسية و البيئية) لمواقع مدافن النفايات، ثم اختيار مواقع جديدة أفضل من الموقع الحالي لإنشاء مدفن – أو مدافن – نفايات عامة بالمدينة المنورة تكون أكثر ملائمة للمواصفات البيئية العالمية.

[9] النفيعي، هيفاء بنت محمد (٢٠١٠م) تقدير الجريان السطحي و مخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة بوسائل الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

[10] محمد، هاني حسني (٢٠٠٦م) التحليل المكاني لتوزيع مدارس مرحلة التعليم الأساسي بحي المنتزه بمدينة الإسكندرية، رسالة ماجستير، جامعة الإسكندرية، مصر.

[11] الرحيلي، عهود بنت عائض (٢٠١٠م) استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مواقع دفن النفايات بالمدينة المنورة، رسالة ماجستير، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

الفصل الثاني

مبادئ الإحصاء الغير مكاني

٢-١ مقدمة

لعرض و تلخيص مجموعة كبيرة من البيانات غير المكانية (البيانات الوصفية) Attribute Data يمكن تطوير عدة أنواع من الرسوم البيانية مثل التوزيع التكراري و المدرج التكراري و المضلع التكراري. لكن علي الجانب الأخر فيمكن تلخيص ووصف هذه البيانات بصورة رقمية من خلال حساب بعض المؤشرات أو المعاملات الإحصائية التي تعطي صورة جيدة عن خصائص هذه البيانات. لإتمام وصف مجموعة من البيانات غير المكانية يلزمنا تحديد خاصيتين لها: (١) النزعة المركزية و (٢) مدي تشتت أو انتشار هذه البيانات. تجدر الإشارة إلي ضرورة حساب مؤشر أو مقياس لكلتا الخاصيتين معا حيث أن مقياس لخاصية واحدة فقط لا يعطي تحليلا أو تلخيصا إحصائيا كاملا لهذه البيانات.

٢-٢ مقاييس النزعة المركزية

تعرف مقاييس النزعة المركزية أيضا باسم المتوسطات Averages وتهدف لبيان إن كان عدد كبير من مفردات الظاهرة (مجموعة البيانات غير المكانية) يميل حول التركز و التجمع حول قيمة وسطي أو متوسطة معينة بحيث يقل عدد المفردات كلما ابتعدنا عن هذه القيمة التي تمثل مركز التوزيع. غالبا يكون هناك – لكل مجموعة بيانات – مركزا أو قيمة معينة تتركز حولها باقي المفردات وهذه القيمة يمكن استخدامها لوصف تلك المجموعة من البيانات والتي تميزها عن مجموعة آخري من البيانات. فعلي سبيل المثال فأن متوسط الدخل في دولة معينة يعطي صورة إحصائية عن المستوي الاقتصادي لهذه الدولة، و أيضا فأن متوسط إنتاج الفدان – أو الهكتار – الواحد من المحاصيل يعد مؤشرا جيدا عن الإنتاج الزراعي في منطقة معينة. ومن هما يمكن عمل مقارنة بين الإنتاج الزراعي في منطقتين جغرافيتين مختلفتين عن طريق مقارنة قيمتي متوسط الإنتاج الزراعي بينهما دون الحاجة لمعرفة تفاصيل و حجم الإنتاج في كل مزرعة من كلتا المنطقتين. مثال آخر: بمقارنة متوسط كثافة الفصل الواحد في مدارس حيين من أحياء مدينة مكة المكرمة يمكننا معرفة مدي تكدس الطلاب في مدارس حي عن حي آخر وذلك دون الحاجة لمراجعة بيانات أعداد الطلاب و الفصول في كل مدرسة من مدارس كلا الحيين.

هناك عدة معاملات أو مؤشرات أو معاملات إحصائية تحدد خاصية النزعة المركزية للبيانات ومنها الوسيط و المنوال و المتوسط. غالبا يستخدم المتوسط في حالة المتغيرات الكمية و الوسيط للمتغيرات الترتيبية و المنوال للمتغيرات الاسمية. ولكل مقياس منهم مميزاته و عيوبه ومن هنا لا نستطيع أن نفضل احدهم علي الآخرين بصورة مطلقة.

٢-٢-١ الوسيط Median

الوسيط هو القيمة التي تتوسط مجموعة من الأرقام بعد ترتيبها تنازليا أو تصاعديا. أيضا يمكن تعريف الوسيط علي أنه القيمة التي تقسم مجموعة من الأرقام إلي قسمين بحيث يكون عدد القيم الأكبر منها مساويا عدد القيم الأصغر منها.

مثال ٢-١:

مجموعة أرقام تتكون من: ٣ ، ٧ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ٦ ، ٥، ٩، ١٠

بعد ترتيبها الأرقام تصاعديا تصبح:

٢، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦، ٧ ، ٨، ٩ ، ١٠

ويكون الوسيط هو الرقم ٦ حيث أن يتوسط مجموعة الأرقام فيوجد قبله أربعة أرقام ويوجد بعده أربعة أرقام أيضا.

يمكن حساب ترتيب أو موقع الوسيط (لمجموعة كبيرة من الأرقام) كالتالي:

للأرقام التي عددها فردي فأن:

ترتيب الوسيط = (ن + ١) / ٢

حيث: ن = عدد الأرقام

ففي المثال السابق فأن عدد أرقام المجموعة = ن = ٩ وبالتالي فأن:

ترتيب الوسيط = (ن + ١) / ٢ = (٩ + ١) / ٢ = ١٠ / ٢ = ٥

أي أن الوسيط هو الرقم الخامس في هذه المجموعة وقيمته = ٦.

للأرقام التي عددها زوجي:

مثال ٢-٢:

مجموعة من ثمانية أرقام تشمل القيم: ٣ ، ٧ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ٦ ، ٥، ٩

بعد ترتيبها الأرقام تصاعديا تصبح:

٢، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦، ٧ ، ٨، ٩

ترتيب الوسيط = (ن + ١) / ٢ = (٨ + ١) / ٢ = ٩ / ٢ = ٤.٥

أي أن الوسيط يقع ترتيبه بين الرقم الرابع و الرقم الخامس، أي أن قيمته تقع بين القيمة ٥ (الرقم الرابع) و القيمة ٦ (الرقم الخامس). وفي هذه الحالة نجمع هذين الرقمين و نقسمهما علي ٢ لنحصل علي قيمة الوسيط:

الوسيط = (٥ + ٦) / ٢ = ١١ / ٢ = ٥.٥

مميزات الوسيط:

- يمكن إيجاده بسهولة سواء بالنظر أو بالرسم
- سهل الفهم
- لا يتأثر بالقيم الشاذة أو المتطرفة

عيوب الوسيط:

- يعتمد علي قيمة واحدة فقط أو قيمتين فقط
- غير منتشر أو شائعا بين الناس

٢-٢-٢ المنوال Mode

المنوال هو القيمة التي تتكرر أكثر من غيرها من القيم، أو هو القيمة الأكثر شيوعا أو الأكثر تكرارا بين مجموعة الأرقام. يمكن تحديد المنوال بمجرد النظر أو فحص مجموعة الأرقام.

مثال ٢-٣:

مجموعة أرقام تتكون من: ٣ ، ٧ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ٨ ، ٥، ٩، ١٠ ، ١ ، ١١

بعد ترتيبها الأرقام تصاعديا تصبح:

٢، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦، ٧ ، ٨، ٨، ٩ ، ١٠، ١١

ويكون المنوال هو الرقم ٨ حيث أنه قد تكرر مرتين بينما باقي الأرقام لم تتكرر إلا مرة واحدة فقط.

يمكن أن يكون توزيع مجموعة من الأرقام أحادي المنوال (يوجد به منوال واحد فقط مثل المثال السابق) أو أن يكون ثنائي أو مزدوج المنوال (يوجد به منوالين) وأيضا يمكن أن يكون متعدد المنوال (يوجد بع عدة منوالات). من الممكن أن توجد مجموعة من الأرقام ليس لها منوال (أي لا يوجد بها أي قيمة تتكرر أكثر من مرة).

مثال ٢-٤:

مجموعة أرقام تتكون من: ٣ ، ٧ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ٨ ، ٥، ٩، ١٠ ، ١ ، ١١، ٩

بعد ترتيبها الأرقام تصاعديا تصبح:

٢، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦، ٧ ، ٨، ٨، ٩ ، ٩، ١٠، ١١

ويكون المنوال هو الرقم ٨ وأيضا الرقم ٩ ، أي أن هذه المجموعة تعد ثنائية المنوال.

مميزات المنوال:

- يمكن إيجاده بسهولة
- لا يتأثر بالقيم الشاذة أو المتطرفة

عيوب المنوال:

- يعتمد علي قيمة واحدة فقط
- يصعب تقديره إذا زاد عدد القيم زيادة كبيرة
- يبدو بعيدا عن مركز التوزيع في حالة كون التوزيع غير متماثل. ففي مجموعة الأرقام: ٢، ٣ ، ٤ ، ٥، ٥، ٤٢، ٥٥، ١٢١ فأن المنوال = ٥ لا يعبر بصورة جيدة عن مركز توزيع مجموعة القيم ذاتها.

٢-٢-٣ المتوسط Mean

يعد المتوسط أو المتوسط الحسابي Arithmetic Mean أو الوسط الحسابي Average من أفضل مقاييس النزعة المركزية وأكثرها استخداما، وهو متوسط قيم مجموعة من الأرقام هو ناتج قسمة مجموع هذه القيم علي عددها، ويحسب كالتالي:

المتوسط = مجموع الأرقام / عدد الأرقام
= مج س / ن

مثال ٢-٥:

مجموعة أرقام تتكون من: ٣ ، ٧ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ٨ ، ٥، ٩

مجموع الأرقام = مج س = ٣ + ٧ + ٢ + ٤ + ٨ + ٨ + ٥ + ٩ = ٤٦

عدد الأرقام = ن = ٨

المتوسط = مجموع الأرقام / عدد الأرقام
= مج س / ن
= ٤٦ / ٨
= ٥.٧٥

مميزات المتوسط الحسابي:

- تدخل جميع القيم الأصلية في حساب المتوسط
- سهل الحساب
- سهل الفهم
- الأكثر شيوعا بين الناس

<u>عيوب المتوسط الحسابي:</u>

- لا يمكن إيجاده بالرسم
- يتأثر بالقيم المتطرفة أو الشاذة أو الأغلاط غير المقصودة في البيانات: فمثلا في مجموعة الأرقام في المثال السابق حدث أن قام المستخدم بكتابة الرقم الأخير علي أنه ٩٩ (وليس ٩). في هذه الحالة فأن المتوسط سيكون:
المتوسط = مجموع الأرقام / عدد الأرقام = ١٣٦ / ٨ = ١٧.٠
أي أن قيمة المتوسط قد تغيرت من ٥.٧٥ إلي ١٧.٠ بمجرد وجود غلطة (أو قيمة شاذة) واحدة فقط.

٢-٢-٤ المتوسط الموزون Weighted Mean

عند حساب المتوسط الحسابي العادي – كما في المثال السابق – قمنا بافتراض أن كل قيمة من قيم مجموعة الأرقام لها نفس الأهمية. لكن في بعض الحالات فيوجد اختلاف في أهمية أو تأثير كل قيمة من قيم المجموعة المطلوب حساب المتوسط لها.

<u>مثال ٢-٦:</u>

إذا كان لدينا درجات مجموعة من المقررات الدراسية لأحد الطلاب تتكون من: ٩٥، ٨٩، ٨٥، ٦٧ درجة:

المتوسط الحسابي العادي = مجموع الدرجات / عددهم
= (٩٥ + ٨٩ + ٨٥ + ٦٧) / ٤ = <u>٨٤</u> درجة

لكن هذه المقررات الدراسية تختلف في عدد الساعات المعتمدة لكل مقرر كالتالي:

- المقرر الأول له ٤ ساعات معتمدة
- المقرر الثاني له ٣ ساعات معتمدة
- المقرر الثالث له ٢ ساعة معتمدة
- المقرر الرابع له ١ ساعة معتمدة

بالتالي فأن حساب قيمة المتوسط العادي لا يعبر بدرجة جيدة عن مستوي هذا الطالب ومعدله الأكاديمي. في هذه الحالة نلجأ لحساب ما يسمي بالمتوسط الموزون وهو متوسط يأخذ في الاعتبار اختلاف أهمية (وزن) أو تأثير كل مفردة من مفردات مجموعة الأرقام.

المتوسط الحسابي الموزون = مجموع (الرقيم × الوزن) / مجموع الأوزان

= مجموع (س × و) / مجموع و

حيث:
س قيمة كل رقم من أرقام المجموعة
و الوزن المقابل لكل رقم من أرقام المجموعة

في المثال الحالي سنفترض أن عدد الساعات الدراسية المعتمدة لكل مقرر يعبر عن أهمية (أو وزن) هذا المقرر:

الرقم (الدرجة) س	الوزن و	الرقم × الوزن س × و
٩٥	٤	٣٨٠
٨٩	٣	٢٦٧
٨٥	٢	١٧٠
٦٧	١	٦٧
المجموع =	١٠	٨٨٤
المتوسط الموزون = ٨٨٤ / ١٠ = ٨٨.٤ درجة		

أي أن المتوسط الموزون لمعدل درجات هذا الطالب هو ٨٨.٤ درجة وهو مؤشر أكثر دقة من المتوسط العادي لدرجات هذا الطالب (٨٤ درجة).

مثال ٢-٧:

مثال آخر لاستخدام المتوسط الموزون:

أحسب متوسط سلعة معينة في احدي المدن حيث تباع هذه السلعة في ثلاثة أسواق مختلفة بأسعار تبلغ: ٩ ، ٧ ، ٥ ريال.

المتوسط العادي = (٩ + ٧ + ٥) / ٣ = ٧ ريال

فإذا علمت أن كمية مبيعات هذه السلعة في الأسواق الثلاثة تبلغ: ٥٠، ١٥٠، ٨٠٠ فأحسب قيمة المتوسط الموزون لهذه السلعة:

الرقم (سعر السلعة) س	الوزن (المبيعات) و	الرقم × الوزن س × و
٩	٥٠	٤٥٠
٧	١٥٠	١٠٥٠
٥	٨٠٠	٤٠٠٠
المجموع =	١٠٠٠	٥٥٠٠
المتوسط الموزون = ٥٥٠٠ / ١٠٠٠ = ٥.٥ ريال		

٢-٢-٥ المتوسط الهندسي Geometric Mean

يفضل حساب المتوسط الهندسي (عن المتوسط العادي) في دراسة الظواهر التي تزيد مفرداتها بنسبة ثابتة ، كما في دراسة النمو السكاني و النمو الاقتصادي و نمو الكائنات الحية و الحشرات و الحيوانات.

المتوسط الهندسي = ن√ (حاصل ضرب جميع مفردات الظاهرة)

حيث ن = عدد أرقام المجموعة

أي أن:

المتوسط الهندسي لرقمين (ن = ٢) = الجذر التربيعي (الرقم الأول × الرقم الثاني)

المتوسط الهندسي لثلاثة أرقام (ن = ٣) = الجذر التكعيبي (الرقم الأول × الرقم الثاني × الرقم الثالث)

......

و هكذا

و غالبا يكون المتوسط الهندسي أصغر من المتوسط الحسابي العادي.

مثال ٢-٨:

بفرض أن عدد السكان في بلد ما كان ٤ مليون نسمة في عام ١٨٠٠م و بلغ ٩ مليون نسمة في عام ١٩٠٠م. ما هو عدد السكان في منتصف هذه الفترة؟

ن = ٢

المتوسط الهندسي = الجذر التربيعي (٤ × ٩) = الجذر التربيعي (٣٦) = ٦ مليون نسمة.

المتوسط الحسابي = (٤ + ٩) / ٢ = ١٣ / ٢ = ٦.٥ مليون نسمة.

أي أن المتوسط الهندسي أصغر من قيمة المتوسط الحسابي العادي، وأيضا فهو أكثر دقة للتعبير عن هذه الظاهرة.

مثال ٢-٩:

تزايد عدد سكان دولة معينة في عشرة سنوات بنسبة ٢٠ % ثم تغير معدل الزيادة إلي ٣٠ % في العشر سنوات التالية وأصبح ٤٥ % في العشر سنوات التي تلتها. ما هو متوسط معدل الزيادة في فترة الثلاثين عاما؟

ن = ٣

المتوسط الهندسي = $\sqrt[3]{20 \times 30 \times 45}$ = ٣٠ %

المتوسط العادي = (٢٠ + ٣٠ + ٤٥) ÷ ٣ = ٣١.٦٧ %

٢-٣ مقاييس التشتت و الانتشار

يقصد بالتشتت في أي مجموعة من القيم التباعد بين مفرداتها أو التفاوت أو الاختلاف بينها. ويكون التشتت صغيرا إذا كان التفاوت بين قيم الزاهرة قليلا أي متى كانت القيم قريبة من بعضها البعض، ويكون التشتت كبيرا متى كانت القيم بعيدة عن بعضها أو متفاوتة في قيمها بدرجة كبيرة. و تهتم مقاييس التشتت و التباين بالتعرف علي مقدار انتشار البيانات أو القيم.

إن المتوسط بمفرده لا يقدم صورة دقيقة عن مجموعة بيانات من حيث طبيعة توزيعها. ففي المثال التالي توجد مجموعتين من درجات الحرارة في مدينتين مختلفتين كالتالي:

المدينة الأولي: ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٣٠، ٣١ درجة مئوية
المدينة الثانية: ١١، ١٢، ١٧، ٣١، ٣٣، ٣٣، ٣٤، ٣٧ درجة مئوية

متوسط درجات الحرارة للمدينة الأولي = ٢٦ درجة مئوية.
متوسط درجات الحرارة للمدينة الثانية = ٢٦ درجة مئوية.

أي أن متوسط درجات الحرارة واحد لكلتا المدينتين، بينما يمكن بالنظر أن نقول أن المدينة الأولي ذات درجات حرارة متقاربة بينما درجات الحرارة في المدينة الثانية غير متقاربة. وبذلك فأن قيمة المتوسط الحسابي – كمقياس للنزعة المركزية – بمفردها لا تعبر بصورة دقيقة عن توزيع قيم مجموعة البيانات. ومن هنا فنحن في حاجة لتطوير معاملات أو مؤشرات إحصائية لبيان مدي انتشار أو تشتت مجموعة البيانات Measures of Dispersion. تشمل معاملات التشتت كلا من: المدى و الانحراف الربيعي و الانحراف المتوسط و الانحراف المعياري.

٢-٣-١ المدى Range

يعرف المدى بأنه الفرق بين أكبر قيمة و أقل قيمة في مجموعة من البيانات، أي أن:

المدى = أكبر قيمة – أصغر قيمة

في المثال السابق (درجات الحرارة في مدينتين) نجد أن:

المدى للمدينة الأولي = ٣١ – ٢١ = ١٠ درجات

المدى للمدينة الثانية = ٣٧ – ١١ = ٢٦ درجة

أي أن الاختلاف و التشتت و التباين في قيم درجات الحرارة في المدينة الثانية (٢٦ درجة) أكبر من ذلك في المدينة الأولي.

مميزات المدى:

- سهل الحساب.
- يعطي فكرة سريعة عن طبيعة البيانات.

عيوب المدى:

- يعتمد في حسابه علي قيمتين فقط مع إهمال باقي القيم.
- يتأثر بالقيم الشاذة (المتطرفة) لذلك فهو مقياس تقريبي لا يعتمد عليه.

٢-٣-٢ الانحراف الربيعي Quadratic Deviation

يسمي أيضا بنصف المدى الربيعي، وهو مقياس للتباين يحاول أن يتخلص من تأثير القيم الشاذة أو المتطرفة وذلك من خلال إهمال تأثير القيم الصغيرة جدا و القيم الكبيرة جدا. فإذا كان لدينا مجموعة من البيانات (ن = عدد بيانات المجموعة) فنقوم أولا بترتيبهم تصاعديا ثم نقسمهم إلي أربعة أقسام متساوية. تسمي القيمة التي يسبقها ربع عدد البيانات باسم الربيع الأول أو الربيع الأدنى ويرمز لها بالرمز "ر١" ورتبته أو موقعه يساوي [ن+١ / ٤] ، بينما تسمي القيمة التي يسبقها ثلاثة أرباع عدد البيانات باسم الربيع الثالث أو الربيع الأعلى ويرمز لها بالرمز "ر٣" ورتبته يساوي [٣ (ن+١) /٤] . المقدار الناتج من الفرق بين قيمتي ر٣ ، ر١ يسمي بالمدى الربيعي، أما نصف هذا المدى الربيعي فيطلق عليه اسم الانحراف الربيعي والذي يساوي (ر٣ – ر١) / ٢.

مثال ٢-١٠:

مثال للبيانات فردية العدد:

أحسب الانحراف الربيعي لمجموعة البيانات: ٦٧، ٦٥، ٥٩، ٦٩، ٥٨، ٥٥، ٧٢، ٧٠، ٧٤

نرتب البيانات تصاعديا: ٥٥، ٥٨، ٥٩، ٦٥، ٦٧، ٦٩، ٧٠، ٧٢، ٧٤

ن = عدد البيانات = ٩

ترتيب الربيع الأول = (ن+١) / ٤ = (٩+١) / ٤ = ٢.٥ (أي هو الرقم الثالث)

قيمة الربيع الأول = ر١ = ٥٩

ترتيب الربيع الثالث = ٣(ن+١) / ٤ = ٣×(٩+١) / ٤ = ٧.٢٥ (أي هو الرقم السابع)

قيمة الربيع الثالث = ر٣ = ٧٠

المدى الربيعي = ر٣ – ر١ = ٧٠ – ٥٩ = ١١

الانحراف الربيعي = نصف المدى الربيعي = (ر٣ – ر١) ÷ ٢ = ١١ ÷ ٢ = ٥.٥

مثال ٢-١١:

مثال ٢ للبيانات زوجية العدد:

أحسب الانحراف الربيعي لمجموعة البيانات: ٦٧، ٦٥،٦٩، ٧١، ٥٨، ٥٥، ٧٢، ٧٠

نرتب البيانات تصاعديا: ٥٥، ٥٨، ٦٥، ٦٧، ٦٩، ٧٠، ٧١، ٧٢

ن = عدد البيانات = ٨

ترتيب الربيع الأول = (ن+١) / ٤ = (٨+١)/ ٤ = ٢.٥ (أي هو الرقم الواقع بين الرقمين الثالث و الرابع)

قيمة الربيع الأول = ر١ = (٦٥ + ٦٧) /٢ = ٦٦

ترتيب الربيع الثالث = ٣(ن+١) / ٤ = ٣×(٨+١) / ٤ = ٦.٧٥ (أي هو الرقم السابع)

قيمة الربيع الثالث = ر٣ = ٧١

المدى الربيعي = ر٣ – ر١ = ٧١ – ٦٦ = ٥

الانحراف الربيعي = نصف المدى الربيعي = (ر٣ – ر١) ÷ ٢ = ٥ ÷ ٢ =٢.٥

مثال ٢-١٢:

أحسب الانحراف الربيعي لأعداد سكان المناطق الإدارية في المملكة العربية السعودية:

المنطقة الإدارية	عدد السكان (بالألف نسمة)	المنطقة الإدارية	عدد السكان (بالألف نسمة)
الجوف	٦٥٤٩٤	جازان	٤٠٣١٠٦
الحدود الشمالية	١٢٨٧٤٥	المدينة المنورة	٥١٩٢٩٤
نجران	١٤٧٩٨٠	عسير	٦٨١٣٦١
الباحة	١٨٥٩٠٥	المنطقة الشرقية	٧٦٩٦٤٨
تبوك	١٩٣٧٦٣	الرياض	١٢٧٢٢٧٢
حائل	٢٥٦٩٢٩	مكة المكرمة	١٧٤٥١٠٨
القصيم	٣١٦٦٤٠		

ن = عدد البيانات = ١٣

ترتيب الربيع الأول = (ن+١) / ٤ = ١٤ / ٤ = ٣.٥ (أي هو الرقم الثالث)

قيمة الربيع الأول = ر١ = ١٨٥٩٠٥ (سكان نجران)

ترتيب الربيع الثالث = ٣(ن+١) / ٤ = ٣×(١٣+١) / ٤ = ١٠.٥ (أي هو الرقم العاشر)

قيمة الربيع الثالث = ر٣ = ٦٨١٣٦١ (سكان عسير)

المدى الربيعي = ر٣ – ر١ = ٦٨١٣٦١ – ١٨٥٩٠٥ = ٤٩٥٤٥٦

الانحراف الربيعي = نصف المدى الربيعي
= (ر٣ – ر١) ÷ ٢
= ٤٩٥٤٥٦ ÷ ٢ = ٢٤٧٧٢٨

٢-٣-٣ الانحراف المتوسط Mean Deviation

تقوم مقاييس التشتت علي أساس تقدير مدي تباعد القيم عن بعضها البعض، فإذا كانت القيم قريبة من بعضها فإنها تكون مركزة أو متجمعة حول قيمة معينة، وكلما تباعدت عن هذه القيمة كلما كانت مبعثرة أو متشتتة. لا يقدم المدى أو نصف المدى الربيعي وصفا دقيقا للتشتت أو الاختلاف بين قيم مجموعة من البيانات، لذلك يمكن اللجوء إلي مؤشر إحصائي آخر يعطي قيمة متوسط انحراف كل رقم من أرقام المجموعة عن متوسط أرقام المجموعة ككل. بذلك فأن الانحراف المتوسط أو الانحراف عن المتوسط يأخذ قيم جميع أرقام المجموعة في الاعتبار.

لحساب الانحراف المتوسط:

- نحسب المتوسط الحسابي لأرقام المجموعة، ولنطلق عليه اسم (س')
- نحسب قيمة الانحراف عن المتوسط (س- س') لكل رقم (س) من أرقام مجموعة البيانات
- نحسب القيم المطلقة (بدون إشارة) للانحرافات عن المتوسط: | س – س' |
- نحسب متوسط هذه الانحرافات (عددها = ن = عدد أرقام المجموعة الأصلية)، أي أن الانحراف المتوسط = مجموع | س- س' | ÷ ن

مثال ٢-١٣:

يبلغ عدد الأطفال في عشرة أسر مختلفة الآتي: ٥، ٣، ٢، ٥، ٦، ٨، ٥، ١، ٤، ٣

هنا يكون المدى (= ٨ – ١ = ٧) لا يعبر علي التشتت في هذه القيم بصورة جيدة، ولحساب الانحراف المتوسط:

القيم س	الانحرافات (س – س')	الانحرافات المطلقة | س – س' |
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٨
٣	٣ – ٤.٢ = - ١.٢	١.٢
٢	٢ – ٤.٢ = - ٢.٢	٢.٢
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٨
٦	٦ – ٤.٢ = ١.٨	١.٨
٨	٨ – ٤.٢ = ٣.٨	٣.٨
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٨
١	١ – ٤.٢ = - ٣.٢	٣.٢
٤	٤ – ٤.٢ = - ٠.٢	٠.٢
٣	٣ – ٤.٢ = - ١.٢	١.٢
المجموع = ٤٢	المجموع = صفر	المجموع = ١٦
المتوسط = س' = ٤٢/ ١٠ = ٤.٢	المتوسط = صفر	المتوسط = ١٦ / ١٠ = ١.٦

يتميز الانحراف المتوسط بكونه مقياسا بسيطا في حسابه و فهمه بالإضافة لبلورته لمدي تشتت مجموعة من البيانات آخذا في اعتباره قيمة كل رقم منها.

٢-٣-٤ التباين Variance

يعرف التباين لمجموعة من القراءات علي أنه متوسط مربعات انحرافات تلك القراءات عن متوسطها الحسابي.

لحساب التباين:

- نحسب المتوسط الحسابي لأرقام المجموعة، ولنطلق عليه اسم (س')
- نحسب قيمة الانحراف عن المتوسط (س- س') لكل رقم (س) من أرقام مجموعة البيانات
- نحسب مربعات الانحرافات عن المتوسط: (س – س')^{٢}
- نحسب متوسط مربعات الاختلافات ليكون هو مقياس التباين (عددها = ن = عدد أرقام المجموعة الأصلية)، وهو = مجموع (س- س')^{٢} ÷ ن

مثال ٢-١٤:

يبلغ عدد الأطفال في عشرة أسر مختلفة الآتي: ٥، ٣، ٢، ٥، ٦، ٨، ٥، ١، ٤، ٣

لحساب التباين:

القيم س	الانحرافات (س – س')	مربعات الانحرافات (س – س')^{٢}
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٦٤
٣	٣ – ٤.٢ = - ١.٢	١.٤٤
٢	٢ – ٤.٢ = - ٢.٢	٤.٨٤
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٦٤
٦	٦ – ٤.٢ = ١.٨	٣.٢٤
٨	٨ – ٤.٢ = ٣.٨	١٤.٤٤
٥	٥ – ٤.٢ = ٠.٨	٠.٦٤
١	١ – ٤.٢ = - ٣.٢	١٠.٢٤
٤	٤ – ٤.٢ = - ٠.٢	٠.٠٤
٣	٣ – ٤.٢ = - ١.٢	١.٤٤
المجموع = ٤٢		المجموع = ٣٧.٦
المتوسط = س' = ٤٢/ ١٠ = ٤.٢		التباين = ٣٧.٦ / (١٠) = ٣.٧٦

تكمن مشكلة مقياس التباين في وحداته حيث أنها وحدات مربعة. فمثلا إذا كان لدينا مجموعة من الأرقام التي تعبر عن دخل بعض الأسر بالريال السعودي فأن قيمة التباين المحسوبة ستكون بالريال المربع. وإذا كانت مجموعة الأرقام تعبر عن أطوال بعض المسافات بالمتر فأن التباين المحسوب سيكون بالمتر المربع. وبالتالي فأن وحدات التباين لن تكون سهلة الفهم.

٢-٣-٥ الانحراف المعياري Standard Deviation

يحل الانحراف المعياري مشكلة وحدات مقياس التباين حيث أن الانحراف المعياري ما هو إلا الجذر التربيعي لقيمة التباين. وبالتالي فأن وحدات الانحراف المعياري ستكون هي نفس وحدات مجموعة الأرقام الأصلية.

الانحراف المعياري = √ التباين
= √ [مجموع (س- س')^{٢} ÷ ن]

في المثال السابق (٢-١٤):

الانحراف المعياري = √ التباين = √ (٣.٧٦) = ١.٩٣٩

قيمة الانحراف المعياري من المعادلة السابقة تمثل الانحراف المعياري لمجموعة البيانات. بينما توجد معادلة أخري لحساب الانحراف المعياري للمتوسط وهي تختلف عن المعادلة السابقة في أن المقام = ن – ١ وليس ن فقط:

الانحراف المعياري للمتوسط = √ [مجموع (س- س')^{٢} ÷ (ن – ١)]

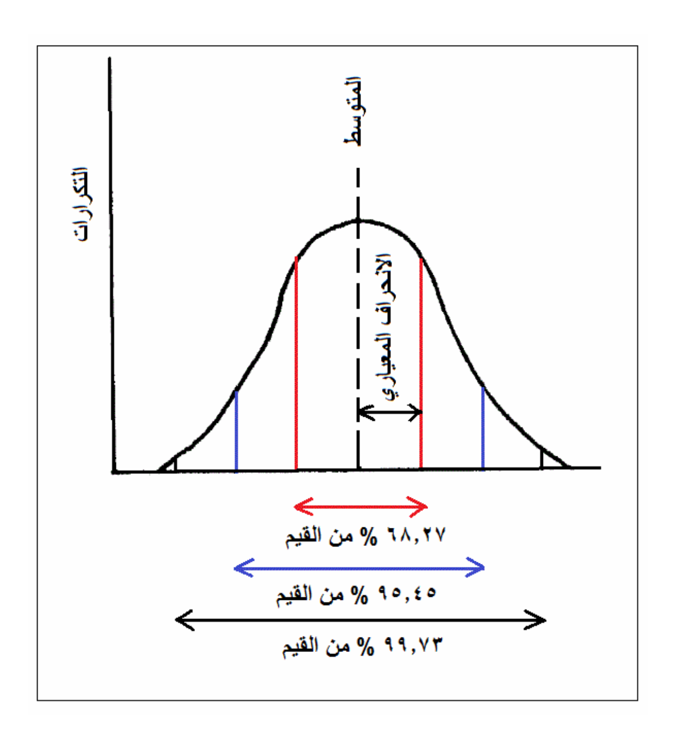
في المثال السابق:

الانحراف المعياري للمتوسط = √ [مجموع (س- س')(٢ ÷ (ن – ١)]
= √ [٣٧.٦ ÷ (١٠– ١)]
= √ [٤.١٧٧٨]
= ٢.٠٤٤

مميزات الانحراف المعياري:

للانحراف المعياري عدة مميزات تجعله أشهر و أفضل مقاييس التشتت و الانتشار. فأولي مميزاته أن وحداته هي نفس وحدات مجموعة الأرقام الأصلية مما يجعله سهل الفهم و التحليل. أما ثاني مميزات الانحراف المعياري وبناءا علي خصائص شكل التوزيع الطبيعي Normal Distribution أو ما نسميه المنحني الطبيعي Normal Curve فهي أنه يمكن استخلاص ٣ معلومات مهمة إذا عرفنا قيمة المتوسط و الانحراف المعياري لمجموعة من البيانات غير المكانية:

- تقع ٦٨.٢٧% من قيم الأرقام ضمن فئة تتراوح بين (المتوسط – الانحراف المعياري) و (المتوسط + الانحراف المعياري)
- تقع ٩٥.٤٥ % من قيم الأرقام ضمن فئة تتراوح بين (المتوسط – ٢ الانحراف المعياري) و (المتوسط + ٢ الانحراف المعياري)
- تقع ٩٩.٧٣ % من قيم الأرقام ضمن فئة تتراوح بين (المتوسط – ٣ الانحراف المعياري) و (المتوسط + ٣ الانحراف المعياري)



شكل (٢-١) منحني التوزيع الطبيعي

مثال ٢-١٥:

إذا كان متوسط الإنتاج الزراعي في ٢٠٠ مزرعة بمنطقة مكة المكرمة = ١٠٠ ± ٣ طن ، فماذا يمكنك استخلاصه من معلومات؟

بافتراض التوزيع الطبيعي لهذه الظاهرة فأن:

- في ٦٧ % من الحالات فأن مفردات الظاهرة (الإنتاج الزراعي لأي مزرعة) سيتراوح بين "المتوسط – الانحراف المعياري" و "المتوسط + الانحراف المعياري" أي بين (١٠٠-٣ ، ١٠٠+٣ طن) أي بين ٩٧ و ١٠٣ طن.
- بالمثل فأن عند ٩٥ % من الحالات فأن الإنتاج سيتراوح بين ٩٤ (المتوسط – ضعف الانحراف المعياري) و ١٠٦ (المتوسط + ضعف الانحراف المعياري) طن.
- أيضا: في ٩٩ % من الحالات فأن الإنتاج سيتراوح بين ٩١ و ١٠٩ طن

مثال ٢-١٦:

إذا كان متوسط المطر في المدينة أ يبلغ ١٢٥ ± ٥ سنتيمتر مكعب بينما متوسط المطر في المدينة ب يساوي ١١١ ± ٢٥ سنتيمتر مكعب ، فماذا يمكنك استخلاصه من معلومات؟

- متوسط كمية المطر للمدينة الأولي أكبر قليلا من متوسط المدينة الثانية.
- يظهر الانحراف المعياري في المدينة الثانية كبيرا (أكبر من سبعة أضعاف المدينة الأولي) مما يعني أن معظم قيم المطر للمدينة الأولي تتركز حول المتوسط بينما تتذبذب أو تختلف قيم المطر في المدينة الثانية بصورة كبيرة.

مثال ٢-١٧:

أحسب قيم المدى و الانحراف المتوسط و التباين و الانحراف المعياري لعدد سكان المناطق الإدارية في المملكة العربية السعودية (يمكنك استخدام برنامج الإكسل علي سبيل المثال)، و أكتب ما يمكنك استخلاصه من معلومات من القيم المحسوبة (أرجع لجدول المثال ٢-١٢ لأعداد السكان).

المنطقة	عدد السكان	الانحرافات	الانحرافات المطلقة	مربع الانحرافات
	س	س - س'	| س – س' |	(س - س')[٢]
الجوف	440,009	-1,647,451	1,647,451	2,714,094,037,039
الحدود الشمالية	320,524	-1,766,936	1,766,936	3,122,062,012,587
نجران	505,652	-1,581,808	1,581,808	2,502,115,818,799
الباحة	411,888	-1,675,572	1,675,572	2,807,540,753,843
تبوك	791,535	-1,295,925	1,295,925	1,679,421,007,506
حائل	597,144	-1,490,316	1,490,316	2,221,041,092,018
القصيم	1,215,858	-871,602	871,602	759,689,644,126
جازان	1,365,110	-722,350	722,350	521,789,189,108
المدينة المنورة	1,777,933	-309,527	309,527	95,806,820,870
عسير	1,913,392	-174,068	174,068	30,299,588,285
المنطقة الشرقية	4,105,780	2,018,320	2,018,320	4,073,616,553,932
الرياض	6,777,146	4,689,686	4,689,686	21,993,156,943,067
مكة المكرمة	6,915,006	4,827,546	4,827,546	23,305,202,610,214

المجموع	27,136,977
المتوسط	2,087,460

23,071,105	65,825,836,071,394
1,774,700 **الانحراف المتوسط**	5,063,525,851,646 **التباين**

أقل قيمة	320,524
أكبر قيمة	6,915,006
المدى	6,594,482

2,250,228 **الانحراف المعياري للعينة**

2,342,112 **الانحراف المعياري للمتوسط**

نلاحظ أن متوسط عدد سكان المناطق الإدارية في المملكة يبلغ ٢٠٨٧٤٦٠ ± ٢٣٤٢١١٢ نسمة. أي أن قيمة الانحراف المعياري للمتوسط أكبر من قيمة المتوسط ذاته مما يدل علي الاختلاف و التشتت الكبير في توزيع السكان. يمكن ملاحظة هذا التباين الكبير من خلال ملاحظة قيمة أقل عدد سكان (حوالي ٠.٣ مليون نسمة في منطقة الحدود الشمالية) وأكبر عدد سكان (حوالي ٦.٩ مليون نسمة في منطقة مكة المكرمة).

٢-٣-٦ معامل الاختلاف Coefficient of Variation

يستخدم معامل الاختلاف عند مقارنة مدي التشتت في بيانات مجموعتين مختلفتين من البيانات غير المكانية، خاصة في حالة اختلاف نوعي البيانات ذاتها واختلاف وحداتهما. تتم هذه المقارنة عن طريق تخليص الانحراف المعياري من أثر الاختلاف وذلك بنسبته (أو قسمته) إلي المتوسط:

معامل الاختلاف = الانحراف المعياري / المتوسط

وأحيانا نضرب قيمة معامل الاختلاف في ١٠٠ لنحوله إلي نسبة مئوية سهلة الفهم.

كلما كانت قيمة معامل الاختلاف منخفضة دل ذلك علي تكتل القيم حول معدلها و عدم تشتتها، والعكس صحيح.

مثال ٢-١٨:

قارن بين مستوي الطلاب في مقرري الخرائط و نظم المعلومات الجغرافية إذا علمت أن:

	الانحراف المعياري	المتوسط
طلاب مقرر نظم المعلومات	١٠	٦٥
طلاب مقرر الخرائط	١٠	٨٥

معامل الاختلاف لمقرر نظم المعلومات = ١٠ / ٦٥ = ٠.١٥٤ أو ١٥.٤ %

معامل الاختلاف لمقرر الخرائط = ١٠ / ٨٥ = ٠.١١٨ أو ١١.٨ %

أي أن مع أن الانحراف المعياري لطلاب كلا المقررين واحد إلا أن معدل الاختلاف بالمقرر الأول أكبر منه للمقرر الثاني، أي أن التفاوت والاختلاف في درجات طلاب مقرر نظم المعلومات أكبر من ذلك التباين و الاختلاف بين درجات مقرر الخرائط.

مثال ٢-١٩:

قارن بين أطوال و أوزان طلاب المرحلة الابتدائية في احدي المدارس إذا علمت أن:

	الانحراف المعياري	المتوسط
أوزان الطلاب	١٠ كيلوجرام	٤٠ كيلوجرام
أطوال الطلاب	١٤ سنتيمتر	١٤٠ سنتيمتر

هنا لا نستطيع أن نقول أن التشتت في الأطوال أكبر من التشتت في الأوزان (مع أن قيمة الانحراف المعياري للأول أكبر منه في الثاني) وذلك بسبب اختلاف وحدات القياس بالإضافة للاختلاف في قيم المتوسط.

معامل الاختلاف للأوزان = ١٠ / ٤٠ = ٠.٢٥ أو ٢٥ %

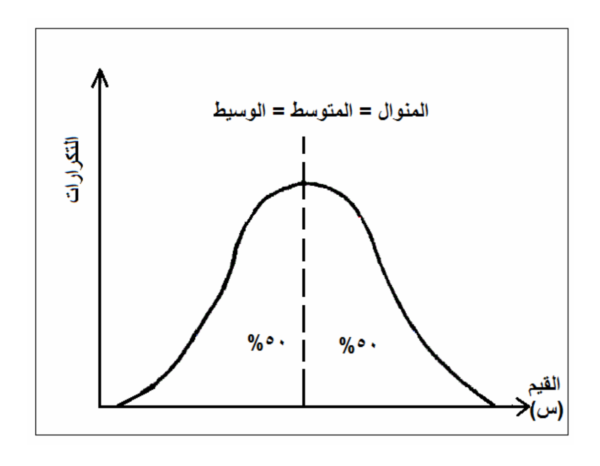
معامل الاختلاف للأطوال = ١٤ / ١٤٠ = ٠.١٠ أو ١٠ %

ومن هنا فأن التشتت في الأوزان أكبر من التشتت في الأطوال.

٢-٤ الالتواء و التفلطح Skewess and Kurtosis

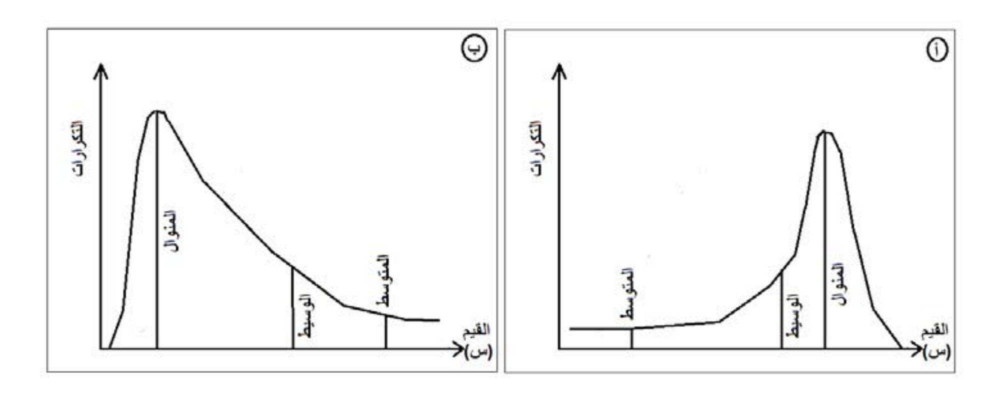
٢-٤-١ الالتواء

الالتواء هو بعد التوزيع التكراري لظاهرة عن التماثل أو التوزيع المتماثل symmetrical distribution. فإذا كان التوزيع متماثلا فأن ٥٠% من القيم ستقع علي كل جانب من المنوال، ويكون المنوال = الوسيط = المتوسط الحسابي:



شكل (٢-٢) التوزيع المتماثل

أما التوزيعات غير المتماثلة asymmetrical distributions فهي التي تتزايد أو تتناقص فيها التكرارات بشكل غير منتظم علي جانبي المحور المقام عند وسط التوزيع. في شكل (٢-٣ أ) نجد أن المتوسط اقل من الوسيط الذي هو اقل من المنوال وذلك بسبب أن التوزيع ملتويا جهة اليسار. و في شكل (٢-٣ ب) نجد أن المتوسط اكبر من الوسيط الذي هو اكبر من المنوال وذلك بسبب أن التوزيع ملتويا جهة اليمين. وفي كلتا الحالتين فأن لوسيط يقع بين المتوسط و المنوال كما أن المتوسط يقع دائما في اتجاه القيم الشاذة.



شكل (٢-٣) الالتواء

من أهم مقاييس الالتواء معامل بيرسون لقياس الالتواء Pearson's coefficient for skewness ، والذي يتم حسابه من المعادلة:

معامل بيرسون = ٣ (المتوسط – الوسيط) / الانحراف المعياري للعينة

وتتراوح قيمة هذا المعامل بين -٣ إلي +٣ ، وإذا كانت قيمة المعامل = صفر فهذا يدل علي أن التوزيع متماثل، أما إن كانت قيمة المعامل موجبه فهذا يدل علي أن التوزيع ملتويا وله ذيل ناحية اليمين ونقول أنه الالتواء موجب ، و إن كانت قيمة المعامل سالبه فهذا يدل علي أن التوزيع ملتويا وله ذيل ناحية اليسار ونقول أنه الالتواء سالب.

مثال ٢-٢٠:

أحسب قيمة معامل بيرسون للالتواء في مجموعة من البيانات لها وسيط يبلغ ١١٥.٣ و متوسط يساوي ١٢٥ و انحراف معياري للعينة يبلغ ١٣.٢ .

معامل بيرسون = ٣ (المتوسط – الوسيط) / الانحراف المعياري للعينة
= ٣ (١٢٥ – ١١٥.٣) / ١٣.٢
= + ٢.٢٠٤٥

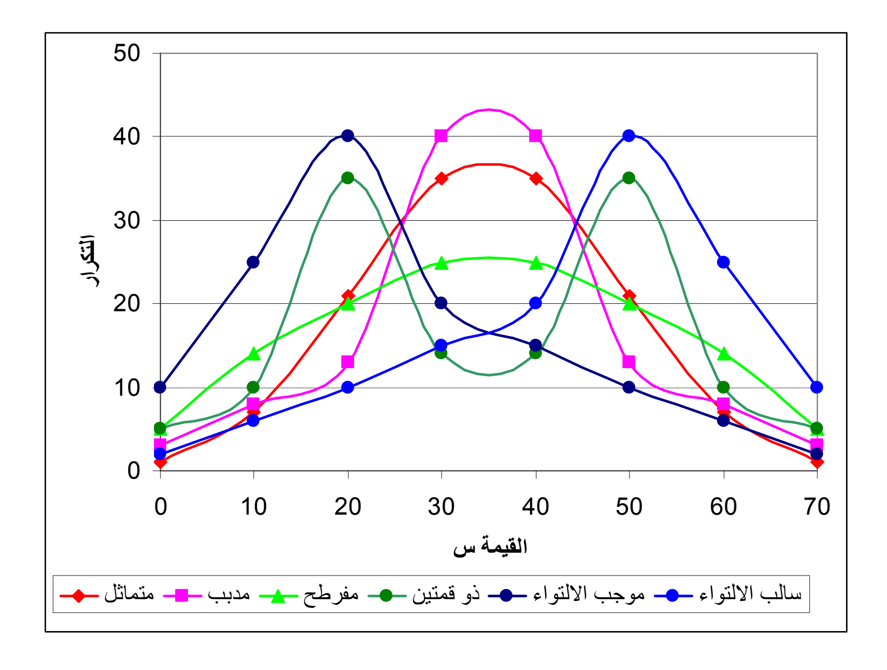
أي أن توزيع هذه البيانات به كمية من الالتواء الموجب.

٢-٤-٢ التفلطح

التفلطح هو مدي اختلاف التوزيع التكراري لظاهرة عن التوزيع الطبيعي أو التوزيع العادي normal distribution. قد يكون التوزيع مدببا leptokurtic إذا كان أكثر تحديا عند قمته أو قيمته المركزية و كانت تلك القيمة اعلي منها للتوزيع الطبيعي، وقد يكون التوزيع مفرطحا platykurtic إذا كانت قمته أكثر استقامة و ادني من تلك للتوزيع الطبيعي.

يمثل الجدول و الشكل التاليين أمثلة لبعض أنواع التوزيعات. نلاحظ أن التوزيع المتماثل يتميز بتماثل التكرارات علي جانبي المحور المار من وسط المنحي، أما التوزيع المدبب فله تكرارات مركزية اكبر من التوزيع المتماثل وتزداد هذه التكرارات قريبا من الفئات الوسطي، إما في التوزيع المفلطح فله تكرارات اقل من تكرارات التوزيع المتماثل وتنتشر تكراراته علي مدي اكبر حول الفئات الوسطي. أيضا نلاحظ أن التوزيع ذو القمتين توجد له قمتين عند القيمة ٢٠ و القيمة ٥٠ مما يدل علي عدم تجانس مفردات هذه الظاهرة، بينما التوزيع موجب الالتواء نجد أن تكراراته تزداد عند فئاته الدنيا وتقل عند فئاته العليا، والعكس بالنسبة للتوزيع سالب الالتواء.

س	متماثل	موجب الالتواء	سالب الالتواء	ذو قمتين	مفرطح	مدبب
0	1	10	2	5	5	3
10	7	25	6	10	14	8
20	21	40	10	35	20	13
30	35	20	15	14	25	40
40	35	15	20	14	25	40
50	21	10	40	35	20	13
60	7	6	25	10	14	8
70	1	2	10	5	5	3



شكل (٢-٤) أمثلة للتوزيعات

يقاس التفلطح بمعامل يسمي معامل التفلطح و يحسب من المعادلة:

معامل التفلطح = م٤ / س ٤

حيث:

م٤ (يسمي معامل العزم الرابع) = مجموع [(س – س')^{٤}] ÷ ن
س٤ = الأس الرابع لقيمة الانحراف المعياري

إذا كان معامل التفلطح = ٣ فيدل ذلك علي أن التوزيع متوسط التفلطح، وان كان أقل من ٣ فيدل ذلك علي أن التوزيع مفلطحا، وان كان أكبر من ٣ فذلك يدل علي أن التوزيع له قمة مدببة.

مثال ٢-٢١:

رقم	س	س- س'	(س- س')^{٢}	(س- س')^{٣}	(س- س')^{٤}
١	٢	- ٦	٣٦	- ٢١٦	١٢٩٦
٢	٤	- ٤	١٦	- ٦٤	٢٥٦
٣	٦	- ٢	٤	- ٨	١٦
٤	٨	٠	٠	٠	٠
٥	١٣	٥	٢٥	١٢٥	٦٢٥
٦	١٥	٧	٤٩	٣٤٣	٢٤٠١
المجموع	٤٨	٠	١٣٠	١٨٠	٤٥٩٤

المتوسط = س' = ٤٨ / ٦ = ٨

التباين = ١٣٠ / ٥ = ٢٦

الانحراف المعياري = √ ٢٦ = ٥.٠٩٩٠٢

م٤ = مجموع [(س – س')^{٤}] ÷ ن
= ٤٥٩٤ / ٦ = ٧٦٥.٦٦٦٧

س٤ = الأس الرابع لقيمة الانحراف المعياري = (٥.٠٩٩٠٢)^{٤} = ٦٧٦

معامل التفلطح = م٤ / س ٤ = ٧٦٥.٦٦٧ / ٦٧٦
= ١.١٣٢٦٤٣

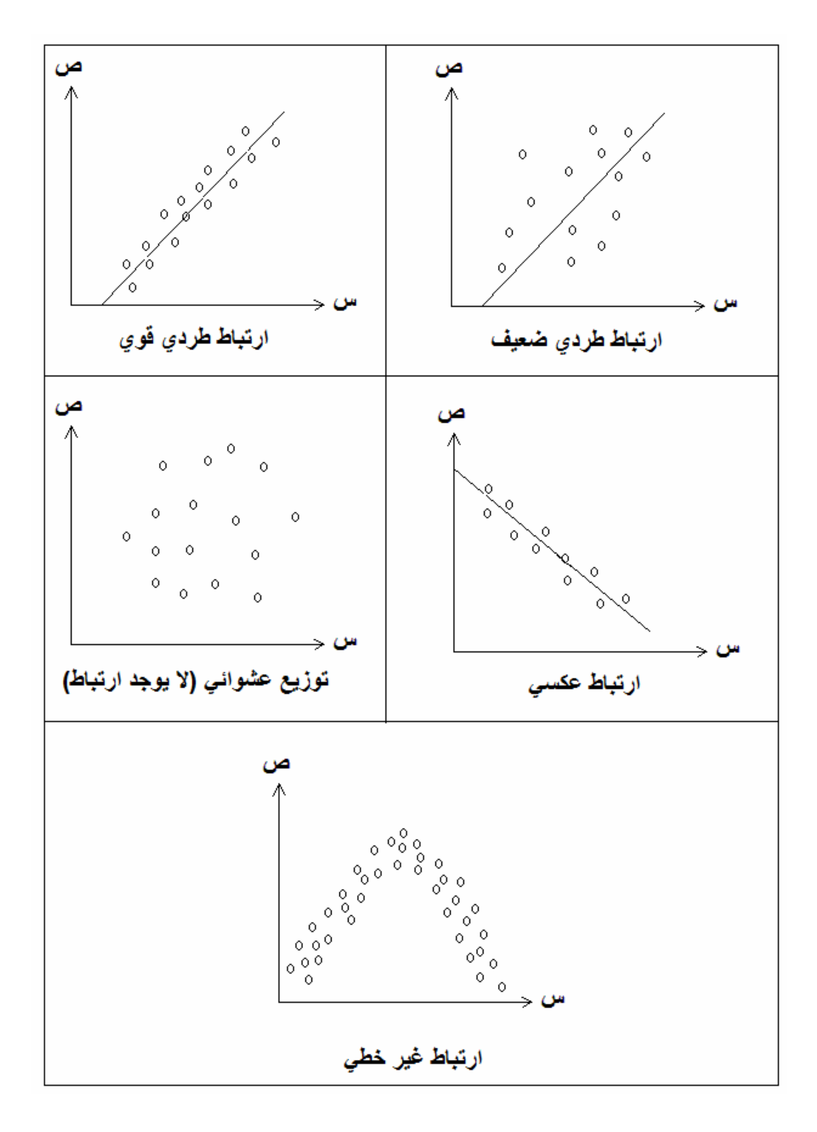
وهذا يدل علي أن هذا التوزيع مفلطحا.

٢-٥ الارتباط و الانحدار Correlation and Regression

من أهم خطوات تحليل و تعليل الظاهرات المختلفة دراسة أوجه التشابه و الاختلاف بينها. وقد تتم هذه الخطوة من خلال المقارنات الوصفية البسيطة أو من خلال المقارنات الاستنتاجية التفسيرية. أما المقارنات الوصفية البحتة لتحليل الظاهرات فتعتمد علي تطبيق بعض النظريات الحسابية لمقارنة المؤشرات الإحصائية (مثل المتوسط و الانحراف المعياري) بين مجموعتين أو أكثر من البيانات غير المكانية. لكن هناك طرق تعطي صورة أكثر دقة عن مدي التشابه و الاختلاف وأيضا العلاقات بين الظاهرات، ومن هذه الطرق الارتباط و الانحدار.

٢-٥-١ الارتباط

يقيس الارتباط مدي الترابط بين مجموعتين من البيانات غير المكانية. توجد عدة صور من الارتباط بين ظاهرتين وكذلك تختلف قيمة الارتباط من حيث قوتها و ضعفها كما نري في الشكل التالي:



شكل (٢-٥) أمثلة للارتباط

يتم حساب معامل الارتباط (يعرف أيضا باسم معامل ارتباط بيرسون نسبة إلي العالم الإحصائي الذي توصل إليه) من خلال المعادلة:

ر = [مج (س – س ') × (ص – ص ') / ن] ÷ [$ع_{س}$ × $ع_{ص}$]

حيث:

ر معامل ارتباط بيرسون
س' المتوسط الحسابي لمجموعة البيانات س
ص' المتوسط الحسابي لمجموعة البيانات ص
ن عدد البيانات
$ع_{س}$ الانحراف المعياري لمجموعة البيانات س
$ع_{ص}$ الانحراف المعياري لمجموعة البيانات ص

تتراوح قيمة معامل الارتباط بين -١ و +١، فان كانت قيمته موجبه فتدل علي وجود ارتباط موجب أو طردي بين مجموعتي البيانات (بمعني أن زيادة قيمة المتغير الأول تؤدي بصفة عامة إلي زيادة قيمة المتغير الثاني أيضا) وان كانت قيمته سالبه فتدل علي وجود ارتباط سالب أو عكسي بين المجموعتين أو الظاهرتين (بمعني أن زيادة قيمة المتغير الأول تؤدي عامة إلي تناقص قيمة المتغير الثاني). أما إن كانت قيمة معامل الارتباط تساوي الصفر فهذا يدل علي عدم وجود أي ارتباط بين هاتين الظاهرتين.

أما قيم معامل الارتباط ذاتها فيمكن تقسيمها إلي عدة مستويات كالتالي:

من ± ٠.٧ إلي ± ١.٠ درجة ارتباط عالية و قوية
من ± ٠.٤ إلي ±٠.٧ درجة ارتباط جوهرية أو حقيقية
من ± ٠.٢ إلي ±٠.٤ درجة ارتباط منخفضة أو ضعيفة
أقل من ± ٠.٢ درجة ارتباط ضعيفة للغاية أو منعدمة

مثال ٢-٢٢:

الجدول التالي يمثل نسبة الأراضي الزراعية و الارتفاع (المنسوب) في عدد ١٢ قرية في احدي المحافظات:

رقم	مجموعة البيانات س		مجموعة البيانات ص		(س – س ')' × (ص – ص')
	نسبة الأراضي التي يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠ متر	س – س'	نسبة الأراضي الزراعية	ص – ص'	
١	٢٦	-٢٥	٦٣	٢٠	-٥٠٠
٢	٣٠	-٢١	٥٧	١٤	-٢٩٤
٣	٣٣	-١٨	٥٢	٩	-١٦٢
٤	٣٦	-١٥	٥١	٨	-١٢٠
٥	٥٤	٣	٥٠	٧	٢١
٦	٤٦	-٥	٤٦	٣	-١٥
٧	٥٢	١	٤٤	١	١
٨	٥٨	٧	٣٨	-٥	-٥٣
٩	٦٥	١٤	٣٥	-٨	-١١٢
١٠	٦٨	١٧	٣٣	-١٠	-١٧٠
١١	٧٠	١٩	٢٦	-١٧	-٣٢٣
١٢	٧٤	٢٣	٢١	-٢٢	-٥٠٦
	المتوسط = س' = ٥١		المتوسط = ص' = ٤٣		
	الانحراف المعياري $ع_{س}$ = ١٦.٠١		الانحراف المعياري $ع_{ص}$ = ١٢.١٢		
				مجموع (س- س')×(ص- ص') =	- ٢٢١٥

معامل ارتباط بيرسون =

ر = [مج (س – س ') × (ص – ص ') / ن] ÷ [$ع_{س}$ × $ع_{ص}$]

= [– ٢٢١٥ / ١٢] ÷ [١٦.٠١ × ١٢.١٢]

= + ٠.٩٥

مما يدل علي وجود درجة ارتباط عالية بين نسبة الأراضي الرعوية و الأراضي التي يزيد منسوبها عن ٥٠٠ متر، أي أن نسبة الأراضي الرعوية تتماشي مع المنسوب زيادة أو نقصانا.

مثال ٢-٢٢:

الجدول التالي يمثل متوسط إنتاجية كلا من محصولي القمح و الفول في عشرة سنوات في احدي المحافظات:

السنة	مجموعة البيانات س		مجموعة البيانات ص		(س – س ')× (ص – ص')
	إنتاجية القمح	س – س'	إنتاجية الفول	ص – ص'	
١	٥.٠	- ٠.٥	٤.٢	- ٠.٥	+ ٠.٢٥
٢	٥.٢	- ٠.٣	٣.٤	- ١.٣	+ ٠.٣٩
٣	٦.٨	+ ١.٣	٧.٠	+ ٢.٣	+ ٢.٩٩
٤	٥.٠	- ٠.٥	٤.٢	-٠.٥	+ ٠.٢٥
٥	٤.٨	- ٠.٧	٣.٨	-٠.٩	+ ٠.٦٣
٦	٥.٦	+ ٠.١	٤.٤	- ٠.٣	- ٠.٠٣
٧	٥.٤	- ٠.١	٥.٢	+ ٠.٥	- ٠.٠٥
٨	٥.٨	+ ٠.٣	٤.٤	- ٠.٣	- ٠.٠٩
٩	٥.٦	+ ٠.٣	٥.٢	+ ٠.٥	+ ٠.١٥
١٠	٥.٨	+ ٠.٣	٥.٢	+ ٠.٥	+ ٠.١٥
	المتوسط = س' = ٥.٥		المتوسط = ص' = ٤.٧		
	الانحراف المعياري $ع_{س}$ = ٠.٥٥		الانحراف المعياري $ع_{ص}$ = ٠.٩٦		
				مجموع (س- س')×(ص- ص') =	+ ٤.٦٤

معامل ارتباط بيرسون =

ر = [مج (س – س ') × (ص – ص ') / ن] ÷ [$ع_{س}$ × $ع_{ص}$]
= [+ ٤.٦٤ / ١٠] ÷ [٠.٥٥ × ٠.٩٦]
= + ٠.٨٧

مما يدل علي وجود درجة ارتباط طردية عالية بين إنتاجية كلا المحصولين.

يوجد نوع آخر من معاملات الارتباط يتميز بسهولة حسابه ويعطي قيمة **تقريبية** للارتباط بسرعة و سهولة، ويسمي هذا المعامل باسم معامل سبيرمان لارتباط الرتب. يعتمد حساب هذا المعامل علي إعطاء رتبة (موقع الرقم عند ترتيب مجموعة الأرقام تنازليا) لكل رقم في كلا مجموعتي الأرقام المطلوب دراسة الارتباط بينهما وذلك بدلا من استخدام القيم الحقيقية لهذه الأرقام. ثم نحسب معامل سبيرمان لارتباط الرتب من المعادلة:

$ر_{٢}$ = ١ - [٦ مج $ف^{٢}$ / ($ن^{٣}$ – ن)]

حيث:

$ف^{٢}$ = مربع الفرق بين رتبتي كل قيمتين متناظرتين
ن = عدد أزواج الرتب

مثال ٢-٢٣:

الجدول التالي يمثل نسبة الأمية و نسبة الأطفال الأقل من ١٢ عاما في عدد من المحافظات المصرية في تعداد عام ١٩٧٦م:

المحافظة	نسبة الأطفال	نسبة الأمية
القاهرة	٢٧.٣	٣٤.٦
الإسكندرية	٢٧.٧	٣٧.٤
بور سعيد	٢٤.٥	٣٥.٩
السويس	٣٠.٠	٤٤.٤
دمياط	٣٢.٧	٤٩.٤
الدقهلية	٣١.٩	٥٦.٣
الشرقية	٣٣.٤	٦٢.٦
القليوبية	٣٢.٥	٥٣.٧
كفر الشيخ	٣٣.٣	٧٠.١
الغربية	٣٠.٤	٥٤.٩
المنوفية	٣١.٦	٥٦.٩
البحيرة	٣٣.٧	٦٦.٢
الإسماعيلية	٣٢.١	٥٠.٨
الجيزة	٣٢.٦	٥٣.٥
بني سويف	٣٣.٢	٦٨.٤
الفيوم	٥٣.٢	٧٣.٦
المنيا	٣٣.٠	٧٠.٩
أسيوط	٣٣.٦	٦٨.٥
سوهاج	٣٣.١	٧٢.٨
قنا	٣٢.٥	٧١.٢
أسوان	٣٢.٩	٥٦.٠

في أولي الخطوات نقوم بترتيب المحافظات ترتيبا تنازليا بالنسبة لنسبة الأطفال لنحدد لكل محافظة رتبتها بالنسبة لباقي المحافظات (رتبة نسبة الأطفال)، ثم نكرر نفس الخطوة بالنسبة لنسبة الأمية لنحدد لكل محافظة رتبتها في الأمية. بعد ذلك نحسب فرق الرتبتين لكل محافظة (ف) ثم نحسب قيمة مربع فرق الرتبتين ($ف^٢$) لكل محافظة:

المحافظة	رتبة نسبة الأطفال	رتبة نسبة الأمية	فرق الرتب = ف	مربع فرق الرتب = ف^{٢}
بور سعيد	٢١	٢٠	١	١
القاهرة	٢٠	٢١	-١	١
الإسكندرية	١٩	١٩	٠	٠
السويس	١٨	١٨	٠	٠
الغربية	١٧	١٣	٤	١٦
المنوفية	١٦	١٠	٦	٣٦
الدقهلية	١٥	١١	٤	١٦
الاسماعيلية١٤	١٤	١٦	-٢	٤
قنا	١٣	٣	١٠	١٠٠
الجيزة	١٢	١٥	-٣	٩
دمياط	١١	١٧	-٦	٣٦
أسوان	١٠	١٢	-٢	٤
المنيا	٩	٤	٥	٢٥
سوهاج	٨	٢	٦	٣٦
بني سويف	٧	٧	٠	٠
كفر الشيخ	٦	٥	١	١
الشرقية	٥	٩	-٤	١٦
القليوبية	٤	١٤	-١٠	١٠٠
أسيوط	٣	٦	-٣	٩
البحيرة	٢	٨	-٦	٣٦
الفيوم	١	١	٠	٠
			المجموع =	٤٤٦

معامل سبيرمان لارتباط الرتب:

ر٢ = ١ - [٦ مج ف^{٢} / (ن^{٣} – ن)]

= ١ - [٦ × ٤٤٦ /(٢١ ^{٣} – ٢١)] = ١ - [٢٦٧٦/ (٩٢٦١ – ٢١)]

= ١ - [٢٦٧٦ / ٩٢٤٠] = ١ - [٠.٢٨٩٦]

= + ٠.٧١

أي أن هناك علاقة موجبة أو طردية قوية بين ارتفاع نسبة الأطفال و ارتفاع نسبة الأمية بين السكان. تجدر الإشارة إلي أن قيمة معامل بيرسون للارتباط (باستخدام القيم الحقيقية) تبلغ + ٠.٨٣ وكما سبق الذكر أن معامل سبيرمان لارتباط الرتب يعطي قيمة تقريبية للارتباط وان كانت تتميز بسرعة و سهولة خطوات حسابها.

٢-٥-٢ الانحدار

إن الارتباط يعطي درجة العلاقة بين ظاهرتين، فإذا ما وجدت هذه العلاقة فأننا نحاول أن نحددها بصورة رياضية تسمح لنا بتقدير قيمة أحد المتغيرين إذا عرفنا قيمة المتغير الآخر وهذا ما يعرف بالانحدار. الانحدار هو دراسة للتوزيع المشترك لمتغيرين احدهما يقاس ويسمي المتغير المستقل independent والآخر متغير غير مستقل أو متغير تابع dependent بهدف تحديد شكل العلاقة بينهما بصورة رياضية.

أهم صور الانحدار هي ما يعرف باسم الانحدار الخطي أي محاولة توفيق خط مستقيم يمر بأكبر عدد ممكن من النقاط (أنظر الشكل ٢-٥). إلا أنه تجدر الإشارة لإمكانية وجود انحدار غير خطي بين متغيرين.

إن معادلة الخط المستقيم هي:

ص = أ + ب س

حيث:

ص المتغير التابع
س المتغير المستقل
أ قيمة ثابتة تمثل الجزء الذي يقطع الخط المستقيم من المحور الرأسي
ب قيمة ثابتة تمثل ميل الخط علي المحور الأفقي

ولتحديد قيمتي الثابتين أ، ب نستخدم المعادلتين:

ب = [(مج (س × ص) – (ن × س' × ص')] / [مج (س^{٢}) – ن × س'^{٢}]

أ = ص' – (ب × س')

حيث:

س' متوسط المتغير س
ص' متوسط المتغير ص
ن عدد القيم

مثال ٢-٢٤:

الجدول التالي يمثل بيانات أعداد السكان و أعداد المدارس في محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية (في عام ١٤٢٥ هـ):

المحافظة	عدد السكان	عدد المدارس
	س	ص
الطائف	885474	279
رابغ	68966	36
الكامل	18547	30
خليص	49955	48
الجموم	75993	49
جدة	2883169	348
مكة المكرمة	1338341	227
القنفذة	240938	205
الليث	110449	116
تربة	42810	27
رنية	44276	22
الخرمة	39053	22

بالخطوات المعتادة نقوم بحساب المجموع و المتوسط و الانحراف المعياري لكلا من أعداد السكان و أعداد المدارس:

المحافظة	عدد السكان	عدد المدارس
المجموع	5797971	1409
المتوسط	س' 483164.25	ص' 117.4167
الانحراف المعياري	ع س 862103.7191	ع ص 116.429

كخطوة مبدئية و لمعرفة قيمة الارتباط بين هذين المتغيرين:

	س	ص	س- س'	ص- ص'	(س - س') × (ص - ص')
الطائف	885474	279	402310	162	65006550
رابغ	68966	36	-414198	-81	33722641
الكامل	18547	30	-464617	-87	40615291
خليص	49955	48	-433209	-69	30071942
الجموم	75993	49	-407171	-68	27857300
جدة	2883169	348	2400005	231	553401095
مكة المكرمة	1338341	227	855177	110	93713119
القنفذة	240938	205	-242226	88	-21214982
الليث	110449	116	-372715	-1	528013
تربة	42810	27	-440354	-90	39815363
رنية	44276	22	-438888	-95	41877254
الخرمة	39053	22	-444111	-95	42375615
المجموع	5797971	1409			947769202

معامل ارتباط بيرسون =

ر = [مج (س – س ') × (ص – ص ') / ن] ÷ [$ع_س$ × $ع_ص$]

= [٩٤٧٧٦٩٢٠٢ / ١٢] ÷ [٨٦٢١٠٣.٧١٩ × ١١٧.٤٢٩]

= + ٠.٧٩

أي أن الارتباط موجب (طردي) و قوي بين كلا هذين المتغيرين.

الآن سنبدأ حسابات معاملي الانحدار أ ، ب:

	س × ص	$س^2$
الطائف	247047246	784064204676
رابغ	2482776	4756309156
الكامل	556410	343991209
خليص	2397840	2495502025
الجموم	3723657	5774936049
جدة	1003342812	8312663482561
مكة المكرمة	303803407	1791156632281
القنفذة	49392290	58051119844
الليث	12812084	12198981601
تربة	1155870	1832696100
رنية	974072	1960364176
الخرمة	859166	1525136809
المجموع	1628547630	10976823356487

ب = [(مج (س × ص) – (ن × س' × ص')] / [مج $(س^2)$ – ن × $س'^2$]

= (١٦٢٨٥٤٧٦٣٠ – (١٢ × ٤٨٣١٦٤.٢٥ × ١١٧.٤٢)) /

(١٠٩٧٦٨٢٣٣٥٦٤٨٧ – (١٢ × ٤٨٣١٦٤.٢٥ × ٤٨٣١٦٤.٢٥))

= ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩

أ = ص' – (أ × س')

= ١١٧.٤١٦٧ – (٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × ٤٨٣١٦٤.٢٥)

= ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩

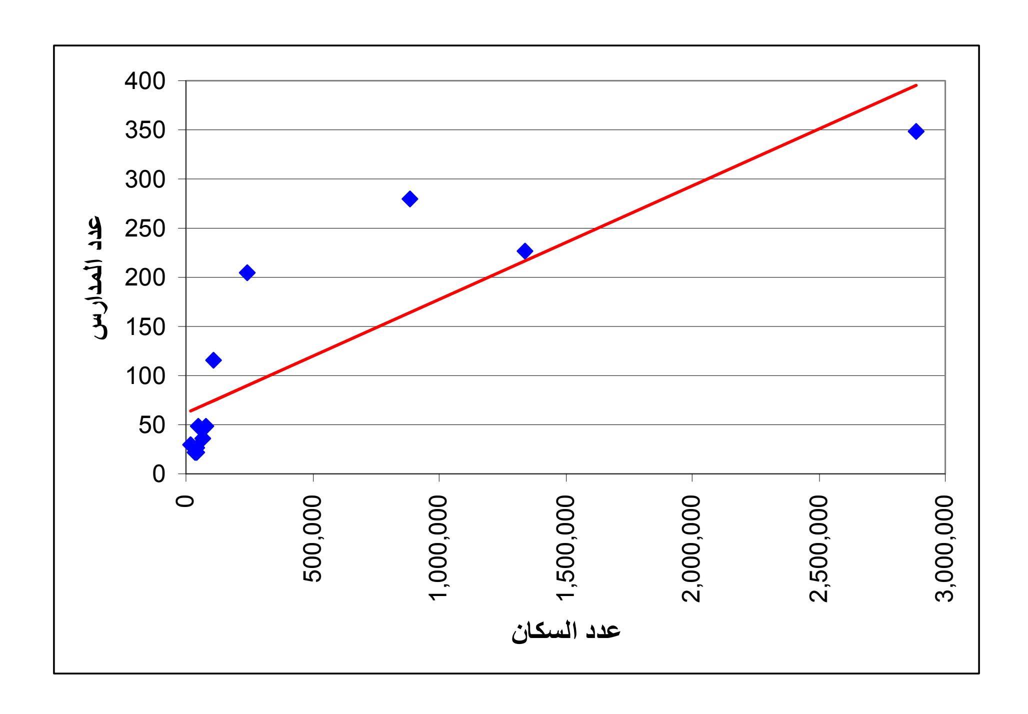
أي أن معادلة الانحدار هي:

ص = ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩ + ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × س

أي أن:

عدد المدارس = ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩ + ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × عدد السكان

في الشكل التالي يمكن ملاحظة أن خط الانحدار المستنتج (الخط الأحمر) يمثل بصورة جيدة العلاقة بين أعداد السكان و أعداد المدارس في محافظات مكة المكرمة:



شكل (٢-٦) خط الانحدار

من أهم تطبيقات خط الانحدار ما يسمي بالتنبؤ المستقبلي، أي التنبؤ بقيمة المتغير التابع عند قيمة محددة – مستقبلية – للمتغير المستقل.

في المثال الحالي يمكن التنبؤ بأعداد المدارس التي تتناسب مع عدد سكان محافظة جدة عندما يبلغ ٣.٥ مليون نسمة كالتالي:

معادلة الانحدار المستنبطة هي:

عدد المدارس = ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩ + ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × عدد السكان

أي أن:

عدد مدارس محافظة جدة = ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩ + ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × عدد سكانها

ثم نعوض بعدد سكان محافظة جدة = ٣.٥ مليون نسمة كالتالي:

عدد مدارس محافظة جدة = ٦١.٤٠٤٠٧٥٦٩ + ٠.٠٠٠١١٥٩٢٩ × ٣٥٠٠٠٠٠

= ٦١.٤ + ٣٣٤.٢ = ٣٩٥.٦ = ٣٩٦ مدرسة

أي أن محافظة جدة يجب أن تحتوي ٣٩٦ مدرسة عندما يصل عدد سكانها ٣.٥ مليون نسمة. وبما أن عدد مدارس محافظة جدة (من جدول البيانات) يبلغ ٣٤٨ مدرسة فأنه يجب إقامة (٣٩٦ – ٣٤٨ =) ٤٨ مدرسة جديدة مستقبلا.

تجدر الإشارة إلي أن دقة القيم المتنبؤ بها مستقبلا (عدد المدارس المستقبلية في المثال الحالي) تعتمد علي دقة خط الانحدار نفسه وحجم و مصداقية البيانات الأصلية، فكما نري في الشكل السابق أن خط الانحدار المستنتج لا يمر بكل دقة بين نقاط البيانات الأصلية أي أنه لا يعبر بنسبة ١٠٠% عن التغير بين عدد المدارس و عدد السكان . أي أنه لا يجب أن يؤخذ بهذه القيم المستقبلية علي أنها دقيقة تماما لأنها فقط تعطي صورة عن الاحتياجات المستقبلية التي يمكن الاستعانة بها في عمليات التخطيط و التنمية المستقبلية. ويمكن تحديد معامل لدقة خط الانحدار من خلال حساب قيمة تسمي بالخطأ المعياري standard error لخط الانحدار (يمكن الرجوع للمراجع في نهاية الكتاب لمزيد من التفاصيل). وكما سبق الذكر أن هناك أنواع أخري من صور الانحدار غير الخطي التي – في بعض الأحيان – تكون أكثر دقة في وصف العلاقة بين متغيرين.

الفصل الثالث

مبادئ الإحصاء المكاني

٣-١ مقدمة

كما أن هناك مؤشرات أو معاملات إحصائية لوصف و تلخيص و تحليل البيانات غير المكانية فأن هناك مؤشرات إحصائية لوصف و تحليل البيانات المكانية (المواقع الجغرافية) للظاهرات من حيث خصائصها المكانية وانتشارها المكاني. إن تحليل البعد المكاني للظاهرة يعد مكملا أساسيا لتحليل قيم الظاهرة ذاتها، فاي ظاهرة علي سطح الأرض تحتاج لفهمها إلي تحليل مواضع و أبعاد و أحجام مفرداتها مكانيا.

٣-٢ مقاييس النزعة المركزية المكانية

تقدم مقاييس التمركز central tendency معلومات عن المركز المتوسط أو المركز الوسيط لمجموعة من التوزيعات المكانية بهدف: (١) مقارنة بعد المركز الواقعي (المركز الإداري مثلا) عن المركز المثالي للتوزيع، و (٢) التعرف علي الموقع المتوسط المناسب ليكون مركزا للخدمات العامة أو الأسواق أو المصانع. لتحديد تمركز أي ظاهرة مكانيا نستخدم المركز المتوسط أو المركز المتوسط الموزون.

٣-٢-١ المركز المتوسط Mean Center

المركز المتوسط هو الموقع (أو النقطة) التي تتوسط المواقع الجغرافية (الإحداثيات) لمفردات الظاهرة قيد الدراسة. ويتم حساب موقع (إحداثيات) المركز المتوسط كمتوسط لقيم إحداثيات مواقع مفردات التوزيع:

الاحداثي س للمركز المتوسط = متوسط الإحداثيات س لجميع نقاط التوزيع
= مجموع الإحداثيات س / عدد نقاط التوزيع

الاحداثي ص للمركز المتوسط = متوسط الإحداثيات ص لجميع نقاط التوزيع
= مجموع الإحداثيات ص / عدد نقاط التوزيع

مثال ٣-١:

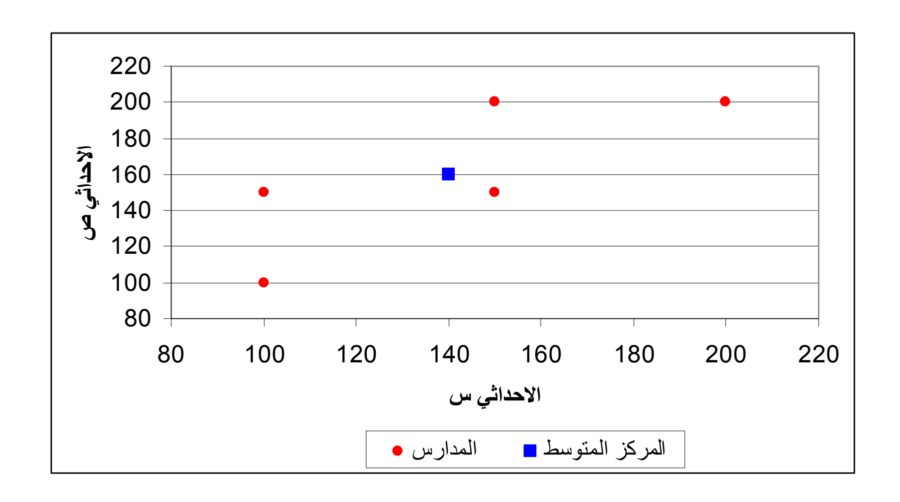
تمثل الإحداثيات التالية مواقع ٥ مدارس في منطقة ما:

المدرسة	الاحداثي س	الاحداثي ص
١	١٠٠	١٠٠
٢	١٠٠	١٥٠
٣	١٥٠	١٥٠
٤	١٥٠	٢٠٠
٥	٢٠٠	٢٠٠

الاحداثي س للمركز المتوسط = متوسط الإحداثيات س لجميع نقاط التوزيع
= (١٠٠+١٠٠+١٥٠+١٥٠+٢٠٠) / ٥ = ١٤٠

الاحداثي ص للمركز المتوسط = متوسط الإحداثيات ص لجميع نقاط التوزيع
= (١٠٠+١٥٠+١٥٠+٢٠٠+٢٠٠) / ٥ = ١٦٠

أي أن المركز المتوسط لهذه المدارس هو النقطة (١٤٠،١٦٠):



شكل (٣-١) المركز المتوسط

٣-٢-٢ المركز المتوسط الموزون Weighted Mean Center

في المثال السابق قمنا بحساب المركز المتوسط بافتراض أن جميع المدارس (مفردات الظاهرة) لها نفس الأهمية أو نفس الوزن. لكن من الممكن – علي سبيل المثال – أن يختلف عدد طلاب المدارس بدرجة متفاوتة، بمعني أن بعض المدارس تعد مدارس صغيرة و البعض الآخر مدارس كبيرة تستوعب أعدادا أكبر من الطلاب. هنا من الممكن أن نعبر عن مدي أهمية كل مدرسة (الوزن) بعدد طلاب المدرسة. وفي هذه الحالة سيختلف موقع المركز المتوسط بعد الأخذ في الاعتبار الاختلاف في أوزان المدارس، ومن هنا فنطلق عليه اسم المركز المتوسط الموزون ويتم حسابه كالتالي:

الاحداثي س للمركز المتوسط الموزون = مجموع (الاحداثي س × الوزن) / مجموع الأوزان

الاحداثي ص للمركز المتوسط الموزون= مجموع (الاحداثي ص × الوزن) / مجموع الأوزان

<u>مثال ٣-٢:</u>

تمثل الإحداثيات التالية مواقع ٥ مدارس في منطقة ما وعدد طلاب كلا منها:

المدرسة	الاحداثي س	الاحداثي ص	عدد الطلاب
١	١٠٠	١٠٠	٨٠
٢	١٠٠	١٥٠	١٧٠
٣	١٥٠	١٥٠	٣٠٠
٤	١٥٠	٢٠٠	١٩٠
٥	٢٠٠	٢٠٠	٤٥٠

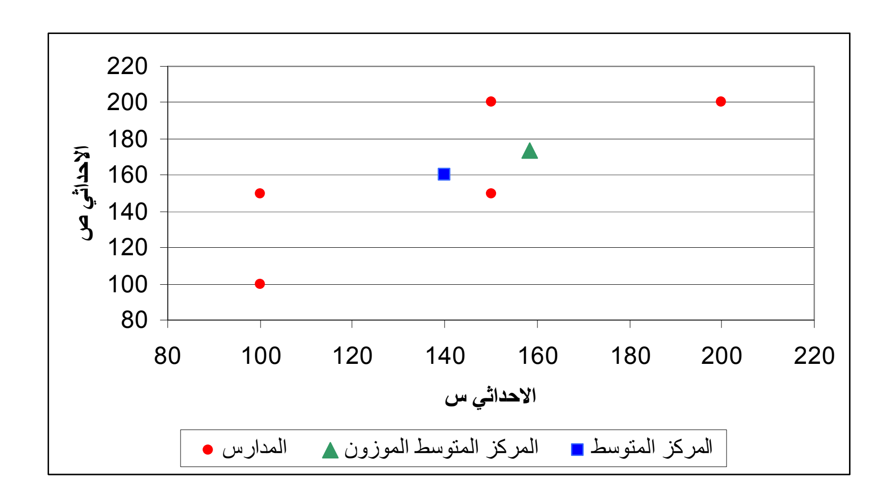
لحساب المركز المتوسط الموزون:

المدرسة	الوزن	س × الوزن	ص × الوزن
١	٨٠	٨٠٠٠	٨٠٠٠
٢	١٧٠	١٧٠٠٠	٢٥٥٠٠
٣	٣٠٠	٤٥٠٠٠	٤٥٠٠٠
٤	١٩٠	٢٨٥٠٠	٣٨٠٠٠
٥	٤٥٠	٩٠٠٠٠	٩٠٠٠٠
المجموع	١١٩٠	١٨٨٥٠٠	٢٠٦٥٠٠

الاحداثي س للمركز المتوسط الموزون = مجموع (الاحداثي س × الوزن) / مجموع الأوزان
= ١٨٨٥٠٠ / ١١٩٠ = ١٥٨.٤

الاحداثي ص للمركز المتوسط الموزون= مجموع (الاحداثي ص × الوزن) / مجموع الأوزان
= ٢٠٦٥٠٠ / ١١٩٠ = ١٧٣.٥

أي أن المركز المتوسط لهذه المدارس هو النقطة (١٥٨.٤ ، ١٧٣.٥) والذي يختلف موقعه عن موقع المركز المتوسط العادي:



شكل (٣-٢) المركز المتوسط الموزون

٣-٣ مقاييس التشتت و الانتشار المكانية

توجد عدة مؤشرات إحصائية لقياس مدي التشتت و الانتشار المكاني في مواقع مفردات ظاهرة معينة.

٣-٣-١ المسافة المعيارية Standard Distance

تعد المسافة المعيارية هي المقابل في التحليل المكاني لمؤشر الانحراف المعياري المستخدم في تحليل البيانات غير المكانية، أي أنها مؤشر لقياس مدي تباعد أو تركز مفردات الظاهرة مكانيا. وغالبا يتم استخدام قيمة المسافة المعيارية لرسم دائرة تسمي الدائرة المعيارية Standard Circle والتي يمكن من خلالها معرفة مدي تركز أو انتشار البعد المكاني للظاهرة، ويكون مركز هذه الدائرة هو موقع (إحداثيات) المركز المتوسط. كلما كبرت قيمة المسافة المعيارية و كبر حجم الدائرة المعيارية كلما دل ذلك علي زيادة الانتشار و التشتت المكاني لتوزيع الظاهرة، و العكس صحيح أيضا.

تقوم فكرة المسافة المعيارية علي حساب الجذر التربيعي لمجموع مربعات انحرافات القيم س،ص عن المتوسط الحسابي مع قسمته علي عدد قيم النقاط، بحيث يكون الناتج رقما يبين مدي تركيز ٦٨% من القيم (الإحداثيات) حول نقطة المتوسط. ومن ثم فأن هذه المسافة تظهر مدي انتشار و اختلاف مجموعة من النقاط حول المركز المتوسط لها، و تحسب من المعادلة:

المسافة المعيارية = √ ([(مج (س – س'))^{٢} / ن] + [(مج (ص– ص'))^{٢} / ن])

أما في أخذ الأوزان في الاعتبار فأن:

المسافة المعيارية الموزونة = √ ([(مج و × (س – س'))^{٢} / مج و] +
[(مج و × (ص– ص'))^{٢} / مج و])

حيث:

س' متوسط الاحداثي س لجميع مفردات الظاهرة
ص' متوسط الاحداثي ص لجميع مفردات الظاهرة
و قيمة الوزن لكل مفردة من مفردات الظاهرة
ن عدد نقاط توزيع الظاهرة

مثال ٣-٣:

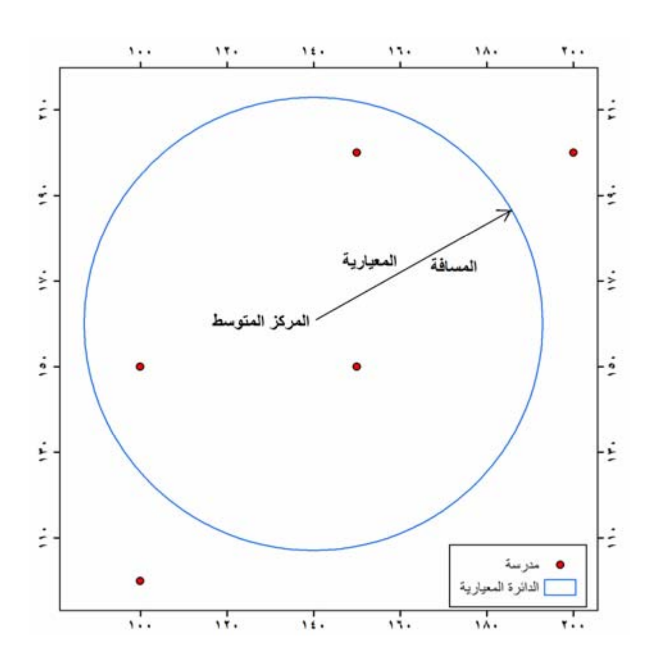
لحساب المسافة المعيارية للبيانات في المثال ٣-١:

س' = متوسط الإحداثيات س = الاحداثي س للمركز المتوسط = ١٤٠
ص' = متوسط الإحداثيات ص = الاحداثي ص للمركز المتوسط = ١٦٠

المدرسة	الاحداثي س	الاحداثي ص	(س – س')^{٢}	ص – ص')^{٢}
١	١٠٠	١٠٠	١٦٠٠	٣٦٠٠
٢	١٠٠	١٥٠	١٦٠٠	١٠٠
٣	١٥٠	١٥٠	١٠٠	١٠٠
٤	١٥٠	٢٠٠	١٠٠	١٦٠٠
٥	٢٠٠	٢٠٠	٣٦٠٠	١٦٠٠
المجموع			٧٠٠٠	٧٠٠٠

المسافة المعيارية = √ ([(مج (س – س')^{٢} / ن] + [(مج (ص– ص')^{٢} / ن])
= √ ([٧٠٠٠ / ٥] + [٧٠٠٠ / ٥])
= √ (٢٨٠٠)
= ٥٢.٩

أي أن الدائرة المعيارية سيكون مركزها في نفس موقع المركز المتوسط (١٦٠،١٤٠) وسيكون نصف قطرها مساويا للمسافة المعيارية = ٥٢.٩ :



شكل (٣-٣) المسافة و الدائرة المعيارية

هذه المسافة المعيارية – مثل الانحراف المعياري - تدل علي أن ٦٨% من مفردات الظاهرة ستقع داخل الدائرة المعيارية. يمكن أيضا حساب قيمة المسافة المعيارية المناظرة لضعف الانحراف المعياري (التي سيقع ٩٥% من مفردات الظاهرة داخل دائرتها المعيارية) وكذلك المسافة المعيارية المناظرة لثلاثة أضعاف الانحراف المعياري (التي سيقع ٩٩% من مفردات الظاهرة داخل دائرتها المعيارية).

مثال ٣-٤:

لحساب المسافة المعيارية الموزونة للبيانات في المثال ٣-٢:

المدرسة	و × (س – س')٢	و × (ص – ص')٢
١	١٢٨٠٠٠	٢٨٨٠٠٠
٢	٢٧٢٠٠٠	١٧٠٠٠
٣	٣٠٠٠٠	٣٠٠٠٠
٤	١٩٠٠٠	٣٠٤٠٠٠
٥	١٦٢٠٠٠٠	٧٢٠٠٠٠
المجموع	٢٠٦٩٠٠٠	١٣٥٩٠٠٠

المسافة المعيارية الموزونة = √ ([(مج و × (س – س')٢ / مج و] + [(مج و × (ص– ص')٢ / مج و])

= √ [(٢٠٦٩٠٠٠/ ١١٩٠ ×] + [(١٣٥٩٠٠٠ / ١١٩٠])
= √ [١٧٣٨.٧ + ١١٤٢.٠] = √ ٢٨٨٠.٦٧
= ٥٣.٧

٣-٣-٢ الاتجاه التوزيعي Directional Distribution

يعبر الاتجاه التوزيعي (ويسمي أيضا الشكل البيضاوي المعياري للتشتت Standard Deviational Ellipse) عما إذا كان التوزيع المكاني للظاهرة له اتجاه محدد. لذلك من الممكن الحصول علي شكل بيضاوي يعبر عن خصائص التوزيع الاتجاهي حيث يكون مركز هذا الشكل البيضاوي منطبقا علي نقطة المركز المتوسط ويقيس محوره الأكبر قيمة الاتجاه الذي تأخذه معظم مفردات الظاهرة.

يتم حساب عناصر الاتجاه التوزيعي كالآتي:

١- زاوية انحراف المحور الأكبر (زاوية التوزيع) = ز = ظا⁻١ (أ + ب) / ج

حيث:

أ = مج (س- س')٢ – مج (ص- ص')٢
ب = √ [(مج (س- س')٢ – مج (ص- ص')٢)٢ + ٤ (مج س×ص)٢]
ج = ٢ مج ((س – س') × (ص – ص'))

٢- محور التوزيع في اتجاه س = √ [(مج ((س – س')×جتا ز – (ص– ص')× جا ز)٢]/ن

٣- محور التوزيع في اتجاه ص = √ [(مج ((س – س')×جا ز – (ص– ص')× جتا ز)٢]/ن

<u>مثال ٣-٥:</u>

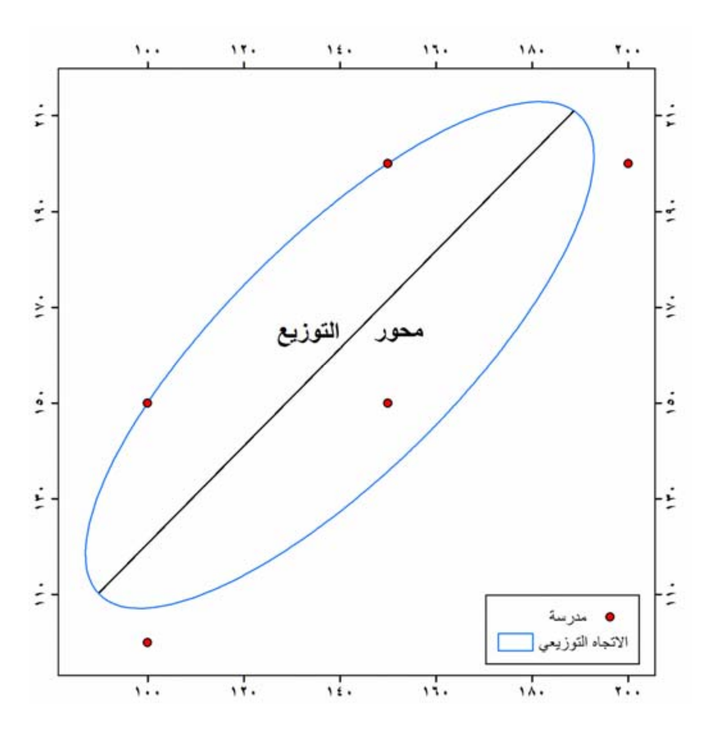
لحساب الشكل البيضاوي المعياري للبيانات في المثال ٣-١:

١- زاوية انحراف المحور الأكبر (زاوية التوزيع) = ز = ٤٥°

٢- محور التوزيع في اتجاه س = ٢٤.٤٩

٣- محور التوزيع في اتجاه ص = ٧٠.٧١

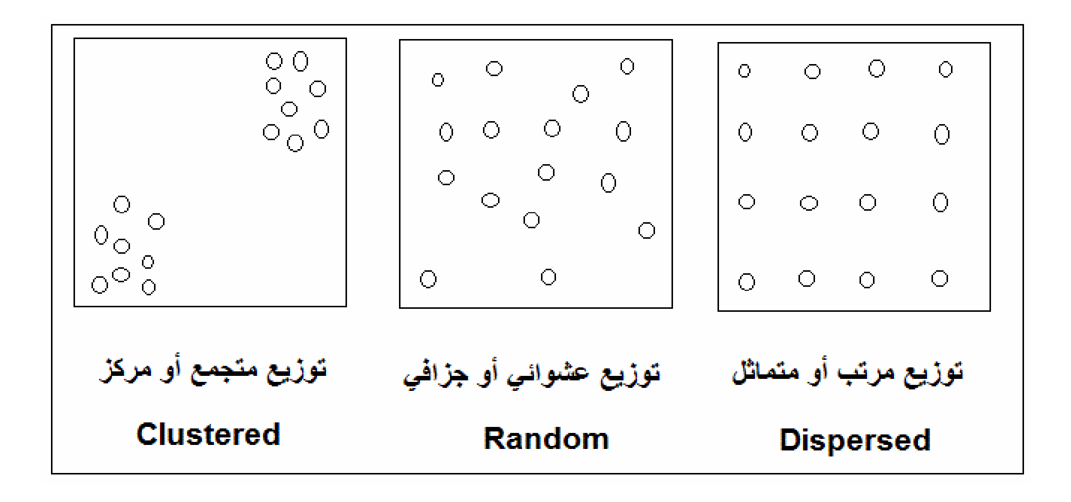
ويمثل الشكل التالي الاتجاه التوزيعي لهذه المدارس الخمسة ، حيث يمكن استنتاج أن الظاهرة تأخذ في غالب توزيعها الاتجاه الشمالي الشرقي.



شكل (٣-٤) الاتجاه التوزيعي

٣-٣-٣ مربع كاي

إن معظم الظاهرات المكانية تكون أنماطها خليط بين التكتل و العشوائية و الانتشار المنتظم.



شكل (٣-٥) أنواع أو أنماط التوزيعات

يقدم تحليل مربع كاي Chi Square (كاي هو الحرف اللاتيني: χ^2) مؤشرا يحدد عما إذا كان التوزيع المكاني لظاهرة يقترب من توزيع نظري معين. يعتمد إجراء تحليل مربع كاي علي تغطية منطقة الدراسة بشبكة من المربعات المتساوية، ثم استخراج عدد مفردات الظاهرة الواقعة في كل مربع من مربعات هذه الشبكة ومقارنة هذا العدد بالعدد المتوقع في حالة التوزيع المنتظم. يتم حساب قيمة مربع كاي الفعلية من المعادلة:

مربع كاي = مج (أ – ب)^{٢} / ب

حيث:

أ عدد نقاط الظاهرة الواقعة فعليا في المربع
ب عدد نقاط الظاهرة المفترض وقوعها في المربع

مثال ٣-٦:

يقدم الشكل التالي توزيع ظاهرة معينة، حيث تم تغطية منطقة الدراسة بعدد ١٦ مربعا متساويا:

شكل (٣-٦) مثال لتحليل مربع كاي

المربع	أ = التوزيع الفعلي	ب = التوزيع المتوقع	أ - ب	(أ – ب)^{٢}	(أ – ب)^{٢}/ ب
١	٥	٥	٠	٠	٠
٢	٤	٥	-١	١	٠.٢
٣	٤	٥	-١	١	٠.٢
٤	٧	٥	٢	٤	٠.٨
٥	٨	٥	٣	٩	١.٨
٦	٣	٥	-٢	٤	٠.٨
٧	٤	٥	-١	١	٠.٢
٨	٧	٥	٢	٤	٠.٨
٩	٩	٥	٤	١٦	٣.٢
١٠	٦	٥	١	١	٠.٢
١١	٣	٥	-٢	٤	٠.٨
١٢	٦	٥	١	١	٠.٢
١٣	٥	٥	٠	٠	٠
١٤	٢	٥	-٣	٩	١.٨
١٥	٤	٥	-١	١	٠.٢
١٦	٣	٥	-٢	٤	٠.٨
المجموع	٨٠	٨٠			١٢.٠

مربع كاي = مج (أ – ب)^{٢} / ب
= ١٢.٠

تجدر الإشارة إلي أن في حالة كون توزيع الظاهرة توزيعا منتظما فأن قيمة معامل كاي ستصبح صفر، أي أنه كلما اقتربت قيمة المعامل من الصفر كلما كان التوزيع الفعلي للظاهرة قريبا من التوزيع النظري المنتظم أو المرتب.

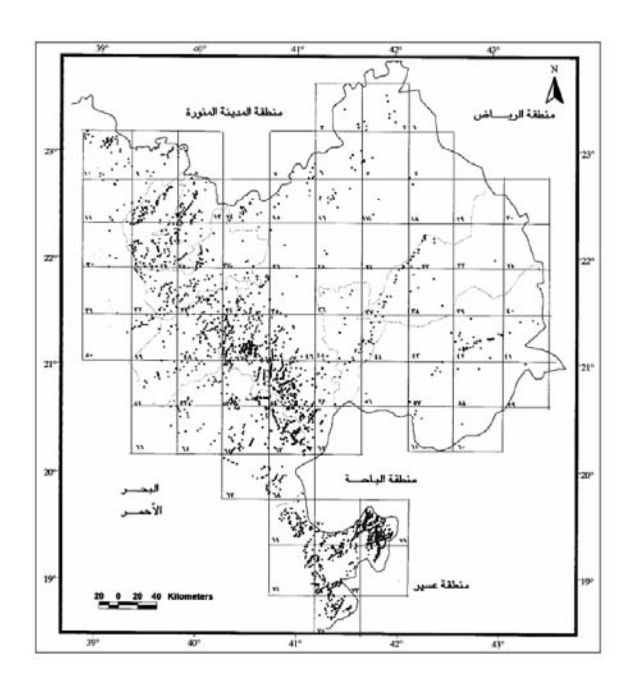
أما القيمة القصوى لمعامل مربع كاي فتحدث عندما تتجمع جميع النقاط في مربع واحد (حالة التوزيع المتجمع أو المركز)، أي أن حسابها يعتمد علي عدد نقاط الظاهرة و عدد المربعات المستخدمة في التحليل. ففي المثال الحالي فأن:

القيمة القصوى لمعامل مربع كاي = (٨٠ – ٥)^{٢} / ٥ = ١١٢٥

من أهم عيوب تحليل مربع كاي أنه يعطي قيمة تقريبية ولا يفرق بين أنواع التوزيع. ففي المثال الحالي فأن مربع كاي النظري سيتراوح بين صفر (التوزيع المنتظم) و ١١٢٥ (التوزيع المتجمع)، بينما القيمة الفعلية المحسوبة لمعامل مربع كاي بلغت ١٢.٥. وبالتالي فأن مربع كاي يعطي صورة عامة (غير دقيقة) عن نمط توزيع الظاهرة، ومن الممكن الاستغناء عنه بنوع آخر من التحليلات المكانية الأكثر دقة.

<u>مثال ٣-٧:</u>

الشكل التالي يقدم مثالا لتطبيق اختبار مربع كاي في تحليل نمط انتشار مراكز الاستيطان البشرية (المدن و القرى) في منطقة مكة المكرمة الإدارية. تم تغطية خريطة مواقع مراكز الاستيطان بعدد ٧٥ مربع ومن ثم حساب قيمة مربع كاي التي بلغت ٥٠٣٢.٨٣ بينما كانت القيمة المستخرجة من جداول مربع كاي ١٢٤.٨٢. حيث أن القيمة الفعلية أكبر من القيمة النظرية فيتم رفض الفرض الإحصائي المتمثل في أن توزيع مراكز الاستيطان البشرية يمثل توزيعا منتظما فوق سطح منطقة الدراسة.



شكل (٣-٧) تحليل مربع كاي للمستوطنات البشرية في منطقة مكة المكرمة
(نقلا عن: الجابري ٢٠٠٥م)

٣-٣-٤ الجار الأقرب Average Nearest Neighbor

يحاول هذا التحليل المكاني معرفة نمط pattern انتشار ظاهرة معينة جغرافيا أو مكانيا، وذلك من خلال مقارنة التوزيع الفعلي للظاهرة مع توزيع نظري معين.

مقياس الجار الأقرب (يسمي أيضا بمعامل صلة الجوار) يمثل نسبة المسافة المقاسة (متوسط المسافات من كل نقطة إلي أقرب نقطة لها) مقسومة علي المسافة النظرية أو المسافة المتوقعة في حالة النمط العشوائي لنفس عدد النقاط ونفس مساحة الظاهرة علي الأرض. ويحسب معامل الجار الأقرب بعدة صور:

معامل الجار الأقرب = ل = ٢ م √ (ن / ح)

أو:

معامل الجار الأقرب = ل = م / م٢

حيث:

م متوسط المسافات الفعلية
ن عدد النقاط
ح مساحة منطقة الدراسة
م٢ متوسط المسافة المتوقعة (النظرية):

م٢ = ١ / √ ك

حيث:

ك = الكثافة = ن / ح

تعد المعادلة الأولي هي الأسهل لحساب قيمة معامل الجار الأقرب.

تتراوح قيمة معامل صلة الجوار بين الصفر و ٢.١٥ وكلما اقتربت من الصفر كان التوزيع متجمعا و كلما اقتربت من الحد الأقصى كلما كان التوزيع منتظما، بينما القيمة ١ تدل علي التوزيع العشوائي الكامل.

النمط	قيمة معامل الجار الأقرب	النمط الفرعي	قيمة معامل الجار الأقرب
المتقارب/المتجمع	أقل من ١.٠	متجمع تماما	صفر
		متقارب لكن غير منتظم	من صفر إلي ٠.٥
		متقارب يتجه ناحية العشوائي	من ٠.٥ إلي ١.٠
العشوائي	١.٠		
المتباعد/المنتظم	أكبر من ١.٠	المتباعد في المسافات	من ١.٠ إلي ٢.٠
		المنتظم (شكل المربع)	٢.٠
		المنتظم (الشكل السداسي)	أكبر من ٢.٠

مثال ٣-٨:

الجدول التالي يبين توزيع مراكز العمران في نطاق ترعة الإسماعيلية بشمال مصر في عام ١٩٩٠م :

المركز	المساحة (كيلومتر مربع)	عدد مراكز العمران	متوسط التباعد (كيلومتر)
شبين القناطر	١٣	٥	١.٧
مشتول السوق	١٦	٢	٣.٠
أبو حماد	٢٦٢	٢٩	٣.٢
قليوب	٤٩	٥	٣.٤
الخانكة	١٢٦	١٢	٣.٥
بلبيس	٢١٧	١٦	٤.٠
التل الكبير	١٩٧	٥	٦.٧
الإسماعيلية	٩٧٣	٨	١١.٩
الإجمالي	١٨٥٣	٨٢	٣٧.٤
المتوسط			٤.٧

معامل الجار الأقرب = ل = ٢ م √ (ن / ح)
= ٢ × ٤.٧ √ (٨٢ / ١٨٥٣)
= ١.٩٧

أي أن نمط توزيع المراكز العمرانية في منطقة الدراسة يقترب من النمط المنتظم.

٣-٣-٥ معامل الارتباط الذاتي (معامل موران) Spatial Autocorrelation Coefficient (Moran Index)

مثل معامل الجار الأقرب فأن معامل الارتباط الذاتي (يسمي بمعامل موران نسبة للعالم الذي أبتكره) يحاول معرفة نمط انتشار ظاهرة معينة جغرافيا أو مكانيا، وذلك من خلال دراسة التماثل في توزيع مفردات الظاهرة مكانيا ومدي الارتباط الذاتي بينهم. تتراوح قيم معامل موران بين -١ و +١، وان كانت قيمته قريبه من -١ فيدل ذلك علي النمط المتشتت أو المتباعد وان كانت قريبة من +١ دلت علي النمط المتجمع أو المتقارب، بينما إن كانت القيمة قريبة من الصفر فتشير للنمط العشوائي في التوزيع المكاني. وتحسب قيمة معامل موران من المعادلة:

موران = (ن / س١) ×
[(مج$^{n}_{i=1}$ مج$^{i}_{j=1}$ (س$_i$ – س') × (س$_j$ – س') × و) / مج (س$_i$ – س')^{٢}]

س١ = مج$^{n}_{i=1}$ مج$^{i}_{j=1}$ و$_{i,j}$.

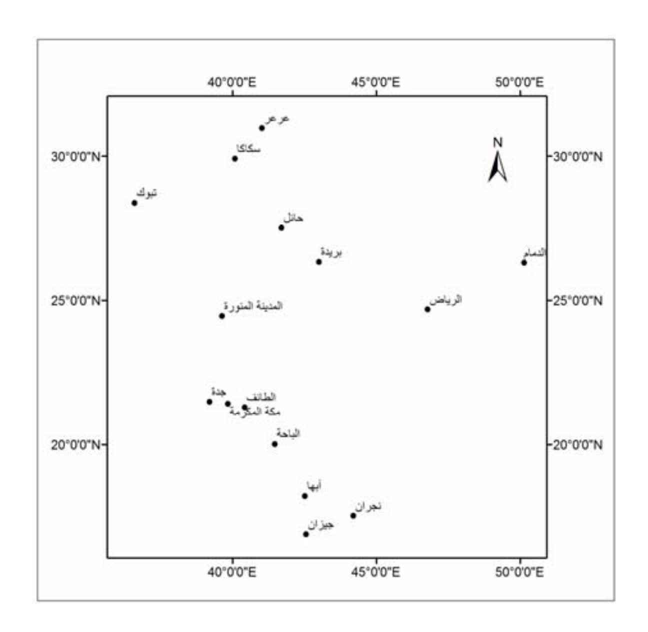
س$_i$ تمثل الخلية (العنصر) رقم **i** من مفردات الظاهرة، حيث **i** يتراوح من ١ إلي ن.

س$_j$ تمثل الخلية (العنصر) رقم **j** من مفردات الظاهرة، حيث **j** يتراوح من ١ إلي **i**.

أي أنه يتم تنفيذ عملية الجمع الثنائي – في المعادلة السابقة - عدد من المرات بين كل مفردة من مفردات الظاهرة و باقي المفردات حتى يمكن الوصول في النهاية إلي قيمة معامل موران لهذه الظاهرة.

مثال ٣-٩:

لحساب قيمة معامل موران لتوزيع المدن الرئيسية في المملكة العربية السعودية ومعرفة نمط توزيعها، مع الأخذ في الاعتبار عدد سكان كل مدينة (الوزن):



شكل (٣-٨) المدن السعودية الرئيسية

قيمة معامل موران = ٠.١٧ أي توزيع قريب من العشوائي.

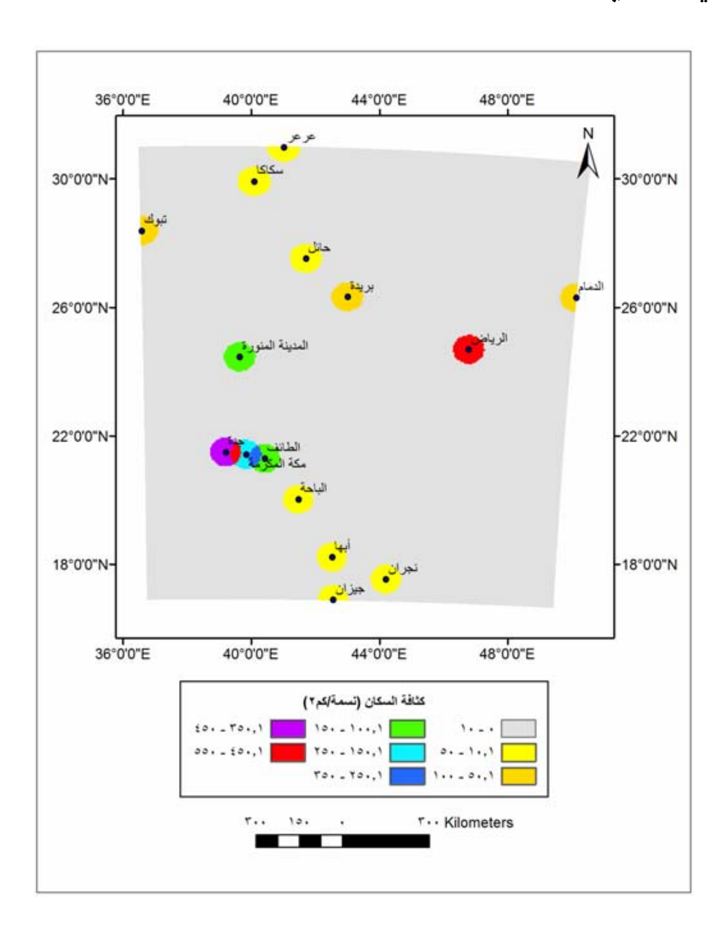
علما بأن استخدام تحليل معامل الجار الأقرب أعطي نتيجة = ١.٢ أي توزيع قريب من العشوائي أيضا.

٣-٤ تحليل الكثافة Density

تحليل الكثافة يوضح بصورة خرائطية مدي التغير في كثافة توزيع الظاهرة علي امتداد منطقة الدراسة، بمعني أن ناتج هذا التحليل لن يكون رقما واحدا يعبر عن كثافة الظاهرة علي كامل امتدادها الجغرافي إنما يمثل التغير في كثافات الظاهرة من مكان إلي آخر في منطقة الدراسة. من الممكن تطبيق تحليل الكثافة علي الظاهرات الموضعية وأيضا علي الظاهرات الخطية.

٣-٤-١ كثافة الظاهرات النقطية Point Density

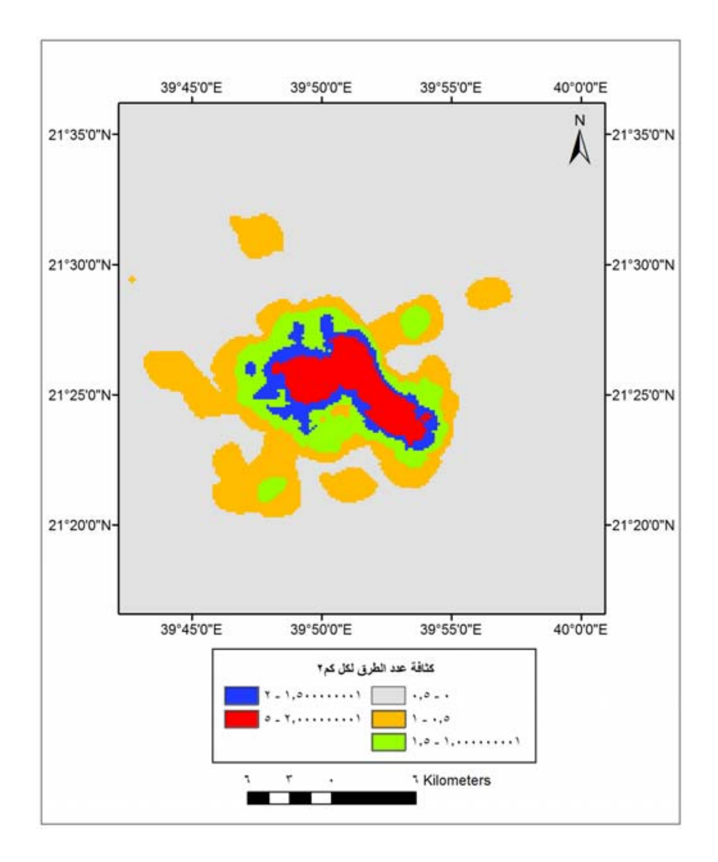
يتيح تحليل كثافة الظاهرات النقطية رسم خريطة سطوح surface map تبين مدي التغير في كثافة توزيع الظاهرة علي امتداد منطقة الدراسة. عند استخدام قيم غير مكانية معينة فأن الخريطة ستمثل التغير في كثافة هذه القيم حول مواقع نقاط الظاهرة ذاتها، فمثلا بمعرفة عدد السكان في بعض المدن يمكن استنباط خريطة تمثل التغير المكاني في أعداد السكان علي امتداد منطقة الدراسة التي تحتوي هذه المدن:



شكل (٣-٩) كثافة توزيع السكان في المدن السعودية الرئيسية

٣-٤-٢ كثافة الظاهرات الخطية Line Density

يحدد تحليل كثافة الظاهرات الخطية (الطرق مثلا) رسم خريطة سطوح surface map تبين مدي التغير في كثافة توزيع الظاهرة علي امتداد منطقة الدراسة:



شكل (٣-١٠) كثافة أعداد الطرق الرئيسية في مدينة مكة المكرمة

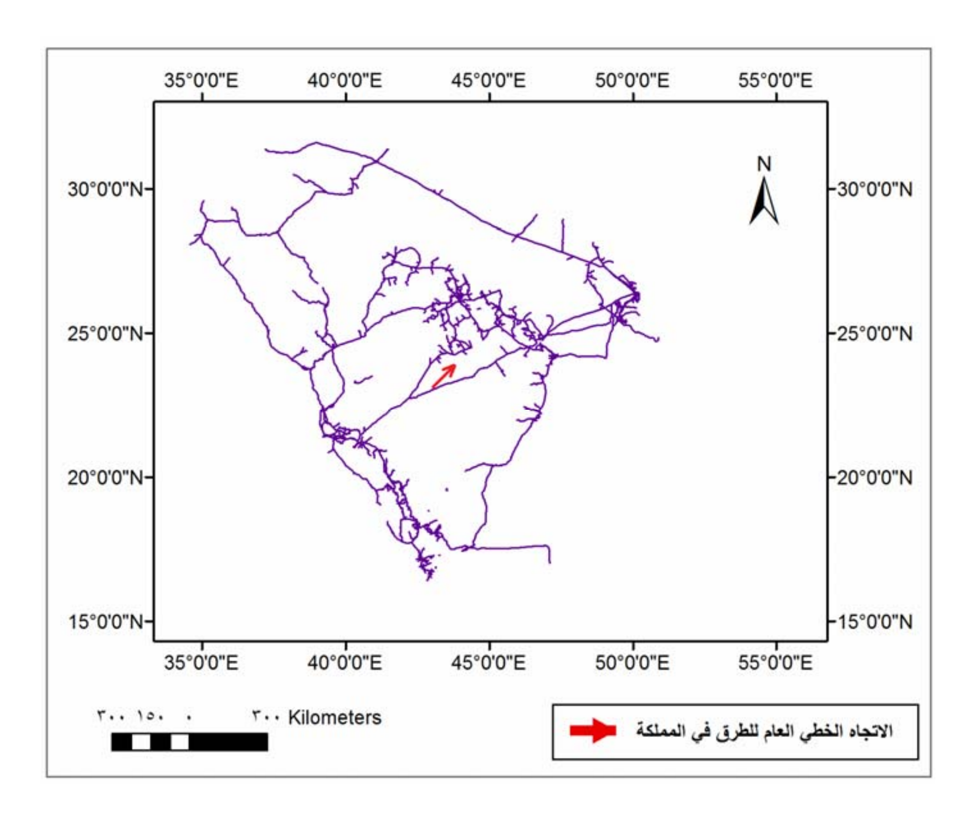
٣-٥ الاتجاه العام للمعالم الخطية Linear Directional Mean

يعطي هذا التحليل الاتجاه العام للتوزيع المكاني أو الجغرافي لظاهرة خطية (مثل شبكة الطرق) حيث يمكن تحديد متوسط أطوال مفردات الظاهرة و الاتجاه المكاني العام لتوزيعها علي الأرض.

الشكل التالي يحدد الاتجاه العام لتوزيع شبكة الطرق الرئيسية في المملكة العربية السعودية:

- الاتجاه العام = ٤٨.٨° أي الشمال الشرقي

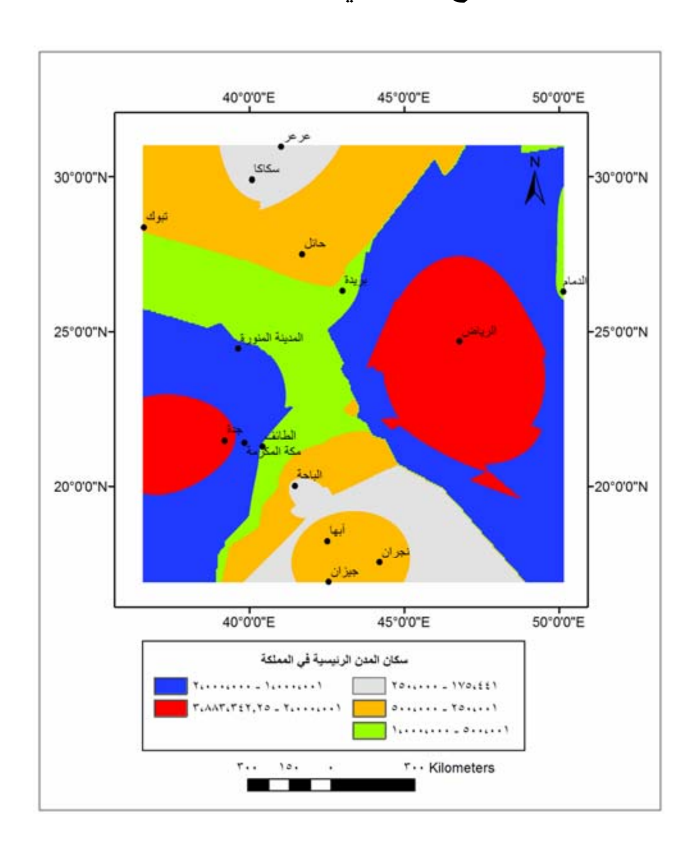
- متوسط أطوال الطرق = ١٦٢٨٠ متر



شكل (٣-١٠) اتجاه توزيع الطرق الرئيسية في المملكة

٣-٦ الاستنباط المكاني Spatial Interpolation

في الفصل الثاني تحدثنا عن خط الانحدار وكيفية استخدامه في حساب (استنباط) قيمة للمتغير التابع عند قيمة محددة للمتغير المستقل. يقوم الاستنباط المكاني بمثل هذه العملية لكن علي المستوي المكاني (الجغرافي) وليس المستوي الكمي فقط. في هذا التحليل نقوم بتحويل قيم غير مكانية لمجموعة من المواقع (النقاط) إلي خريطة سطوح surface map تعبر عن التغير المكاني في هذه القيم علي امتداد منطقة الدراسة. فعلي سبيل المثال إذا كان لدينا مواقع مجموعة من المدن ومعلوم عدد سكان كلا منها، فيمكن باستخدام الاستنباط المكاني استنتاج خريطة توضح التغير في عدد السكان من موقع لأخر في منطقة الدراسة:



شكل (٣-١١) التغير في أعداد سكان المدن الرئيسية في المملكة

توجد عدة طرق رياضية لإتمام عملية الاستنباط المكاني مثل: Kriging, Natural Neighbor, Spline ، إلا أن الطريقة الأولي تعد هي الأشهر و الأكثر استخداما.

الفصل الرابع

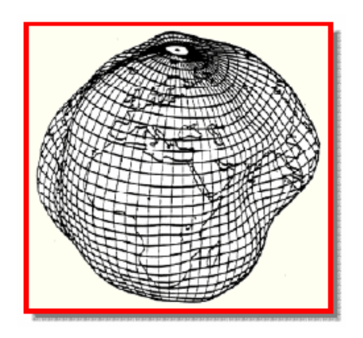
نظم الإحداثيات و مساقط الخرائط

يعتمد التحليل المكاني في بيئة نظم المعلومات الجغرافية علي الخصائص المكانية لمواقع الظاهرات قيد التحليل. تتمثل الخصائص المكانية لأي طبقة shapefile في تحديد نوع الإحداثيات المستخدمة في التوقيع المكاني ونوع المسقط المستخدم وكذلك نموذج الأرض (المرجع) المستخدم في رسم الطبقة. لذلك فمن المهم جدا لمتخصص نظم المعلومات الجغرافية أن يلم بأساسيات نظم الإحداثيات و مساقط الخرائط حتى يجري تحليلا مكانيا دقيقا. فعلي سبيل المثال فأن قيمة معامل صلة الجوار (الفصل الثالث) تعتمد علي قيمة مساحة منطقة الدراسة، فإذا كانت إحداثيات هذه الطبقة من النوع الجغرافي (خط الطول و دائرة العرض) فأن المساحة سيتم حسابها بالدرجات المربعة. علي الجانب الآخر إن كانت الطبقة لها إحداثيات مترية فأن مساحة منطقة الدراسة ستكون بالمتر المربع. ومن الواضح أن كلا قيمتي المساحة ستختلفان اختلافا كبيرا، وفي كل حالة سيتم حساب قيمة لمعامل صلة الجوار مختلفة بالتأكيد عن القيمة الأخرى.

٤-١ شكل الأرض

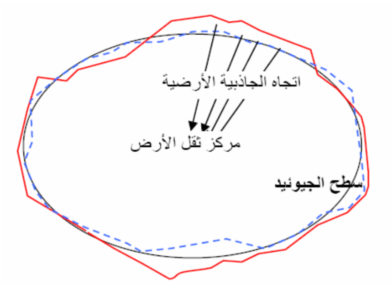
في بدايات المعرفة البشرية ظن الإنسان أن الأرض هي قرص صلب يطفو فوق سطح الماء ، إلي أن تطور التفكير العلمي للبشر قليلا وجاء العالم اليوناني فيثاغورث Pythagoras في القرن السادس قبل الميلاد وافترض أن الأرض كروية الشكل. وكانت أولي محاولات العلماء لتقدير حجم أو محيط هذه الكرة هي تجربة العالم الإغريقي أراتوستين التي سبق الإشارة إليها في الفصل الأول. وفي القرنين الخامس عشر و السادس عشر أيد كلا من الرحالة كولومبوس Columbus و ماجلان Magellan فكرة كروية الأرض من خلال رحلاتهما الشهيرة بالدوران حول الأرض. في عام ١٦٨٧ طور العالم الشهير نيوتن Newtown عدة مبادئ نظرية علمية وكان أهمها: أن الشكل المتوازن لكتلة مائعة متجانسة خاضعة لقوانين الجذب و تدور حول محورها ليس هو شكل الكرة كاملة الاستدارة لكنه شكل مفلطح قليلا باتجاه القطبين. وفي عام ١٧٣٥ قامت أكاديمية العلوم الفرنسية بتنظيم بعثتين لإجراء القياسات اللازمة للتأكد من هذه الفرضية وأثبتت النتائج فعلا أن الأرض مفلطحة وليست كروية الشكل تماما.

إننا نعيش علي سطح كوكب الأرض وعندما نريد أن نحدد أي موقع علي الأرض فنحن بحاجة إلي أن نقوم بتعريف هذا السطح – شكله و حجمه – لكي يمكننا من معرفة في أي مكان نحن نقع بالضبط. إن شكل السطح الطبيعي للأرض كما خلقه الله تعالي بما يضمه من قارات و محيطات و جبال و أودية و بحار ليس شكلا سهلا وليس منتظما لكي يمكن التعبير عنه بسهولة (شكل ٤-١).



شكل (٤-١) الأرض غير منتظمة الشكل

بحث العلماء عن شكل افتراضي آخر للأرض يكون أقل تعقيدا واهتدوا إلي فكرة أنه طالما أن مساحة الماء في المحيطات و البحار تشكل حوالي ٧٠% من مساحة الأرض فأن شكل الأرض يكاد يكون هو الشكل المتوسط لسطح الماء (إذا أهملنا حركة سطح الماء بسبب التيارات البحرية و المد و الجزر) Mean Sea Level والمعروف اختصارا بأحرف MSL، وإذا قمنا بمد هذا السطح تحت اليابسة لنحصل علي شكل متكامل فأن هذا الشكل سيكون أقرب ما يكون للشكل الحقيقي للأرض. وتم إطلاق اسم الجيويد أو الجيوئيد Geoid علي هذا الشكل الافتراضي [يجب ملاحظة أن هناك فرق في حدود متر واحد فقط بين كلا من MSL و الجيويد إلا أنه في معظم التطبيقات الهندسية تتغاضي عن هذا الفرق و نعتبر أن كلا الشكلين أو المصطلحين يشيرا لنفس الجسم]. ولكن طبقا لمبدأ نيوتن السابق فأن شكل هذا الجيويد لن يكون منتظما لان سطح الجيويد يتعامد مع اتجاه قوة الجاذبية الأرضية وأيضا يخضع لقوة الطرد المركزية الناتجة عن دوران الأرض حول محورها ، وكلا القوتين تختلفان من مكان لآخر علي سطح الأرض بسبب عدم توزيع الكثافة يشكل منتظم (يختلف سمك القشرة الأرضية من ٦ إلي ٦- كيلومتر) . وبذلك نخلص إلي أن الجيويد (شكل ٤-٢) هو الشكل الحقيقي للأرض إلا أنه شكل معقد أيضا و يصعب تمثيله بمعادلات رياضية تمكننا من رسم الخرائط و تحديد المواقع عليه.



شكل (٤-٢) الجيويد: الشكل الحقيقي للأرض

لتعقد الجيويد وصعوبة تمثيله بمعادلات رياضية أتجه العلماء إلي البحث عن أقرب الأشكال الهندسية المعروفة ووجدوا أن القطع الناقص أو الاليبس Ellipse هو الأقرب ، فإذا دار هذا الاليبس حول محوره فسينتج لنا مجسم القطع الناقص أو الاليبسويد أو الشكل البيضاوي Ellipsoid or Ellipsoid of Revolution ويعرف أيضا باسم الاسفرويد Spheroid (لكن اسم الاليبسويد هو الأكثر انتشارا وهو الذي سنستخدمه في هذا الكتاب). ربما يتبادر إلي الأذهان الآن سؤال: ما هو الفرق بين الاليبس و الدائرة أو بمعني آخر ما هو الفرق بين الاليبسويد و الكرة؟ بالنظر لشكل (٤-٣) نجد أن الاليبسويد مفلطح قليلا عند كلا القطبين بعكس

الكرة التي تكون كاملة الاستدارة تماما ، أيضا الكرة لها قطر و احد له نفس القيمة في جميع الاتجاهات بينما نجد الاليبسويد له محورين مختلفين. للتعبير عن الاليبسويد يلزمنا معرفة عنصرين (لاحظ أن الكرة يعبر عنها بعنصر واحد فقط هو نصف قطرها):

- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الاستواء) ويرمز له بالرمز a

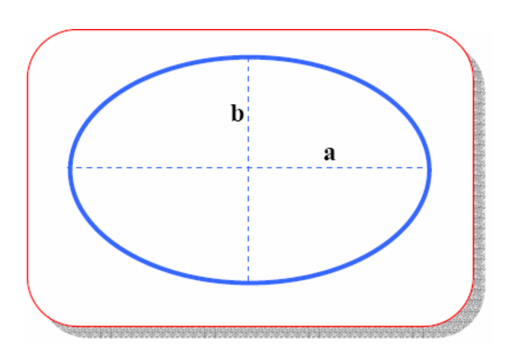
- نصف المحور الأصغر (المحور بين كلا القطبين) ويرمز له بالرمز b

ويقوم البعض بالتعبير عن الاليبسويد بطريقة أخري من خلال العنصرين:

- نصف المحور الأكبر (المحور في مستوي خط الاستواء) ويرمز له بالرمز a

- معامل التفلطح flattening ويرمز له بالرمز f ويتم حسابه من المعادلة:

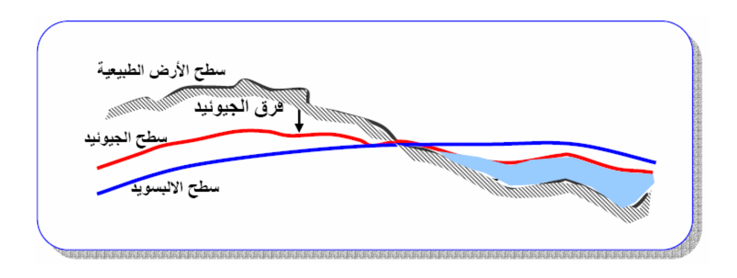
$$f = (a - b) / a \quad \text{or} \quad f = 1- (b / a) \qquad (4-1)$$



شكل (٤-٣) الاليبسويد

ويتميز شكل الاليبسويد بعدة خصائص مثل (شكل ٤-٤):

أ- سهولة إجراء الحسابات علي سطحه (حيث أنه شكل هندسي معروف).
ب- لا يختلف سطح الاليبسويد الرياضي عن سطح الجيويد الفيزيقي كثيرا (أكبر فرق بين كلاهما لا يتعدي ١٠٠ متر فقط. لاحظ أن الفرق بين الجيويد و الكرة يصل إلي ٢١ كيلومتر تقريبا).



شكل (٤-٤) العلاقة بين الجيويد و الاليبسويد

المراجع الجيوديسية Datums

لكي يمكن تحديد المواقع علي سطح الأرض يلزمنا اختيار شكل رياضي يعبر عن شكل و حجم الأرض ذاتها وهو ما نطلق عليه اسم الشكل المرجعي Reference Surface. أحد هذه الأشكال المرجعية من الممكن أن يكون الكرة والتي كانت مستخدمة لفترة طويلة لتحديد المواقع التي لا تتطلب دقة كبيرة ولرسم الخرائط التي لا يزيد مقياسها عن ١ : مليون. أيضا للمساحات الصغيرة جدا (أقل من ٥٠ كيلومتر مربع) من الممكن اعتبار المستوي Plane شكلا مرجعيا وخاصة في تطبيقات المساحة المستوية Plane Surveying. أما لتحديد المواقع بدقة عالية أو لرسم الخرائط الدقيقة فأن الاليبسويد هو الشكل المرجعي المستخدم.

طوال القرنين الأخيرين تعددت محاولات علماء الجيوديسيا لتحديد أنسب اليبسويد يعبر عن شكل الأرض بأقرب صورة ممكنه. وكلما تجمعت قياسات جيوديسية جديدة لدي أحد العلماء أو الجهات الدولية تم حساب قيم جديدة لعناصر تعريف الاليبسويد (سواء a , b أو a , f) مما أدي لوجود العديد من نماذج الاليبسويد ، ويعرض الجدول التالي بعضا من هذه النماذج.

كانت كل دولة عند بدء إقامة الهيكل الجيوديسي أو المساحي لها بغرض البدء في إنتاج الخرائط غالبا ما تختار أحدث اليبسويد – في ذلك الوقت – لتتخذه السطح المرجعي لنظام خرائطها. فإذا ظهر بعد عدة سنوات اليبسويد آخر لم يكن ممكنا – لأسباب تقنية و مادية – أن تقوم هذه الدولة بتغيير السطح المرجعي لها و إعادة إنتاج و طباعة كل خرائطها من جديد. لكن ما هو المرجع؟ من المعروف أن أي اليبسويد يكون أقرب ما يمكن لتمثيل سطح الأرض علي المستوي العالمي، أي أن الفروق بينه وبين الجيويد تختلف من مكان لمكان علي سطح الأرض لكنها أقل ما يمكن علي المستوي العالمي. لكن كل دولة عندما تعتمد اليبسويد معين تريد أن يكون الفرق بينه و بين الجيويد أقل ما يمكن في حدودها ولا تهتم إن كانت هذه الفروق كبيرة في مناطق أخري من العالم. لذلك كانت كل دولة تلجأ لتعديل وضع الاليبسويد المرجعي قليلا Re-Position لكي يحقق هذا الهدف. وفي هذه الحالة – أي بعد إجراء هذا التعديل البسيط – فلم يعد هذا الاليبسويد كما كان في الأصل لكنه صار في وضع مختلف ، وهنا نطلق عليه اسم مرجع أو مرجع جيوديسي أو مرجع وطني أو بيان A geodetic Datum, a local datum, or simply a datum. أي أن المرجع الوطني لأي دولة ما هو إلا اليبسويد عالمي قد تم تعديل وضعه بصورة أو بآخري ليناسب هذه الدولة ويكون أقرب تمثيلا لشكل الجيويد (الشكل الحقيقي للأرض) عند هذه الدولة. كما يجب الإشارة إلي أنه كلما قلت الفروق بين المرجع الوطني لدولة ما و الجيويد كلما زادت دقة الخرائط المرسومة اعتمادا علي هذا المرجع.

ولتوضيح هذه النقطة الهامة أكثر سنأخذ مثال لجمهورية مصر العربية. عند بدء أعمال الجيوديسيا و إنشاء الخرائط في مصر في بداية القرن العشرين كان أحدث اليبسويد متاح في ذلك الوقت هو اليبسويد هلمرت ١٩٠٦. تم اتخاذ القرار باختيار هذا الاليبسويد ليكون سطحا مرجعيا لمصر. وبعد ذلك تم إجراء عدد من التعديلات علي وضع هذا الاليبسويد ليتكون ما يعرف باسم المرجع الوطني المصري ١٩٠٧ Old Egyptian Datum أو اختصارا OED1970. أحد هذه التعديلات كان الفرض بأن الارتفاع عن سطح الاليبسويد = الارتفاع عن متوسط سطح البحر عند النقطة الأساسية المسماة F1 أو نقطة الزهراء بجبل المقطم. هذا الفرض يعني أننا افترضنا أن سطح اليبسويد هلمرت ١٩٠٦ ينطبق مع سطح الجيويد عند هذه النقطة (هذا غير حقيقي لكنه فرض أساسي لتسهيل بدء الحسابات الجيوديسية لشبكات الثوابت الأرضية المساحية). وبمعني آخر أننا قمنا برفع سطح اليبسويد هلمرت ١٩٠٦ عدة أمتار

لينطبق مع سطح الجيويد عند هذه النقطة المحددة ، وبالتالي لم يعد هلمرت ١٩٠٦ هو ذلك الاليبسويد العالمي الذي تم تحديد شكله و حجمه ووضعه ليكون أقرب ما يمكن لتمثيل شكل الأرض علي المستوي العالمي ، إنما صار له وضع جديد يناسب المنطقة الجغرافية لجمهورية مصر العربية فقط. هنا لا نقول أنه اليبسويد أنما نطلق عليه اسم المرجع المصري.

بعض نماذج الاليبسويد المستخدمة عالميا

اسم الاليبسويد	نصف المحور الأكبر a بالمتر	نصف المحور الأصغر b بالمتر	الدولة التي تستخدمه
Helmert 1906	٦٣٧٨٢٠٠	٦٢٥٦٨١٨	مصر
Clarcke 1866	٦٣٧٨٢٧٤	٦٣٥٦٦٥١	أمريكا الشمالية
Bassel 1841	٦٣٧٧٣٩٧	٦٣٥٦٠٧٩	وسط أوروبا
Airy 1830	٦٣٧٧٥٦٣	٦٣٥٦٢٥٧	بريطانيا
WGS72	٦٣٧٨١٣٥	٦٣٥٦٧٥٠	عالمي
WGS84	٦٣٧٨١٣٧	٦٣٥٦٧٥٢	عالمي

كما يجب الإشارة في هذا السياق إلي وجود مراجع وطنية عديدة لدول مختلفة كلها تعتمد علي نفس الاليبسويد العالمي ، لكن كل مرجع منهم يعدل وضع هذا الاليبسويد بصورة مختلفة. كمثال فان المراجع الوطنية لكلا من السودان و تونس و المغرب و الجزائر و الإمارات و عمان تعتمد جميعها علي اليبسويد Clarke 1880 لكن كل مرجع له وضع مختلف (أنظر عناصر التحويل بين المراجع لاحقا).

المراجع التي تحدثنا عنها حتى الآن هي ما يمكن أن نطلق عليها اسم المراجع الأفقية Horizontal Datum وهي الخاصة بتحديد المواقع في المستوي الأفقي. أما عند التعامل مع الإحداثيات في المستوي الرأسي (أي الارتفاعات) فأننا نحتاج إلي نوع آخر من المراجع هي المراجع الرأسية Vertical Datum. ويعد الجيويد هو المرجع الرأسي المعتمد في العديد من دول العالم ، أي لتحديد هذا المرجع نحتاج لتحديد النقطة التي يكون عندها متوسط سطح البحر يساوي صفر. وكمثال في مصر فقد تم إنشاء محطة قياس المد و الجزر Tide Gauge في ميناء الإسكندرية وتم تسجيل قياساتها لمدة ٨ سنوات من عام ١٨٩٨ إلي عام ١٩٠٦ وأخذ متوسطها بحيث أن هذه القراءة (علي المسطرة المدرجة داخل المحطة) اعتبرت هي المنسوب المساوي للصفر أي هي النقطة التي تحدد موقع الجيويد. و انطلاقا من هذه النقطة المرجعية تم استخدام أسلوب الميزانية Leveling لإنشاء مجموعة من النقاط – تسمي الروبيرات أو Bench Marks: BM- المعلومة المنسوب و التي تغطي معظم أرجاء مصر. لذلك نقول أن المرجع الوطني الرأسي المصري Vertical Egyptian Datum هو قيمة متوسط سطح البحر MSL عند الإسكندرية في عام ١٩٠٦.

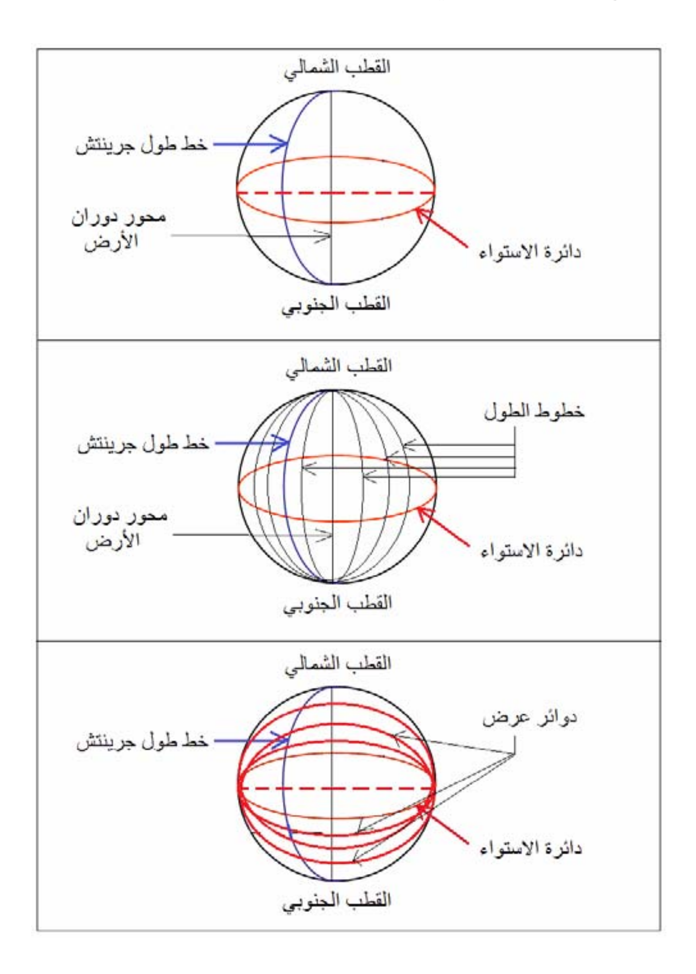
٤-٢ نظم الإحداثيات الجغرافية

الإحداثيات Coordinates هي القيم التي بواسطتها نعبر عن موقع معين علي سطح الأرض أو علي الخريطة. وتتعدد أنظمة الإحداثيات تبعا لاختلاف السطح المرجعي الذي يتم تمثيل المواقع عليه. فعند اختيار المستوي كسطح مرجعي (مثل الخريطة) فأن الإحداثيات تكون إحداثيات مستوية أو مسقطة أو ثنائية الأبعاد Two-Dimensional (or 2D) Coordinates. ويرجع اسم ثنائية الأبعاد إلي أن كل نقطة – علي الخريطة مثلا – يلزمها قيمتين لتحديد موقعها وليكن مثلا (س ، ص). بينما عند اعتماد الكرة أو الاليبسويد كسطح مرجعي فأننا نتعامل مع نوع الإحداثيات الفراغية أو الإحداثيات ثلاثية الأبعاد Three-Dimensional (or 3D) Coordinates حيث يجب إضافة ارتفاع النقطة عن سطح المرجع كبعد ثالث لتحديد موقعها الدقيق ، أي نحتاج لمعرفة القيم الثلاثة (س ، ص ، ع) لكل موقع. وفي حالة الكرة تسمي الإحداثيات باسم الإحداثيات الكروية Spherical Coordinates بينما في حالة الاليبسويد تسمي بالإحداثيات الجيوديسية Geodetic Coordinates أو الإحداثيات الجغرافية Geographic Coordinates أو الإحداثيات الاليبسويدية Ellipsoidal Coordinates. كما توجد إحداثيات أحادية البعد One-Dimensional (or 1D) Coordinates وهي غالبا التي تعبر فقط عن ارتفاع النقطة من سطح الشكل المرجعي المستخدم. وفي التطبيقات الجيوديسية و الجيوفيزيقية عالية الدقة توجد إحداثيات رباعية الأبعاد Four-Dimensional (or 4D) Coordinates حيث يتم تحديد موقع النقطة في زمن محدد بحيث تكون إحداثياتها هي (س ، ص ، ع ، ن) حيث البعد الرابع "ن" يعبر عن زمن قياس هذه الإحداثيات لهذا الموقع. وسنستعرض بعض أنظمة الإحداثيات بالتفصيل في الأجزاء التالية.

منذ قرون مضت أبتكر العلماء طريقة لتمثيل موقع أي نقطة علي سطح الأرض (باعتبار أن الأرض كرة) وذلك عن طريق:

- تم اتخاذ الخط الأساسي الأفقي هو تلك الدائرة العظمي (أي التي تمر بمركز الأرض) والتي تقع في منتصف المسافة بين القطبين وسميت **بدائرة الاستواء**.
- أتخذ الخط الأساسي الرأسي ليكون هو نصف الدائرة التي تصل بين القطبين الشمالي و الجنوبي وتمر ببلدة جرينتش بانجلترا.
- قسمت دائرة الاستواء إلي ٣٦٠ قسما متساويا و رسم علي سطح الأرض ٣٦٠ نصف دائرة (وهمية أو اصطلاحية) تصل بين القطبين وتمر بأحدي نقاط التقسيم علي دائرة الاستواء ، وكل نصف دائرة تسمي خط طول Longitude. ويتضح من ذلك أن الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتي تقسيم متجاورتين تساوي ١ درجة (يرمز للدرجة بالرمز ١°) لان ٣٦٠ درجة تقابل ٣٦٠ قسما. وتم ترقيم خط طول جرينتش بالرقم صفر وخط الطول المجاور له من جهة الشرق ١° شرق ، ثم ٢° شرق ، .... إلي ١٨٠° شرق وبنفس الطريقة للخطوط الواقعة غرب جرينتش من ١° غرب ، إلي ١٨٠° غرب. وتكون زاوية خط الطول هي الزاوية الواقعة في مستوي دائرة الاستواء والمحصورة بين ضلعين يمر أحدهما بخط طول جرينتش بينما يمر الآخر بخط طول النقطة ذاتها.
- تم تقسيم خط الطول الأساسي (جرينتش) إلي ١٨٠ قسما متساويا ورسم علي الأرض دوائر صغري وهمية (الدائرة الصغرى هي التي لا تمر بمركز الأرض) توازي دائرة الاستواء وتمر كل دائرة منها بأحدي نقاط تقسيم خط طول جرينتش. وبذلك تكون

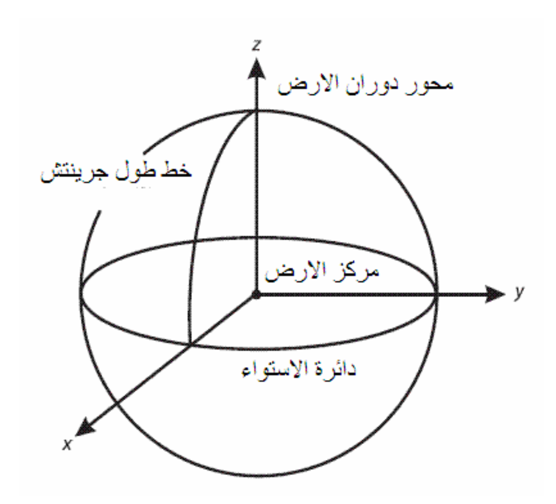
الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتين متجاورتين من نقاط التقسيم تساوي ١° لان ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسما ، وأطلق علي هذه الدوائر اسم دوائر العرض ومنهم ٩٠ دائرة شمال دائرة الاستواء و ٩٠ دائرة جنوبه. وبنفس الأسلوب تم ترقيم دائرة الاستواء بالرقم صفر ودائرة العرض المجاور لها من جهة الشمال ١° شمال ، ثم ٢° شمال ، .... إلي ٩٠° شمال وبنفس الطريقة للدوائر الواقعة جنوب دائرة الاستواء من ١° جنوب ، إلي ٩٠° جنوب. زاوية العرض Latitude هي الزاوية الواقعة في مستوي دائرة من دوائر الطول و رأسها عند مركز الدائرة و ضلعها الأساسي يمر في مستوي الاستواء و الضلع الآخر يمر في دائرة من دوائر العرض.



شكل (٤-٥) تحديد المواقع علي الكرة

٤-٢-١ الاحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

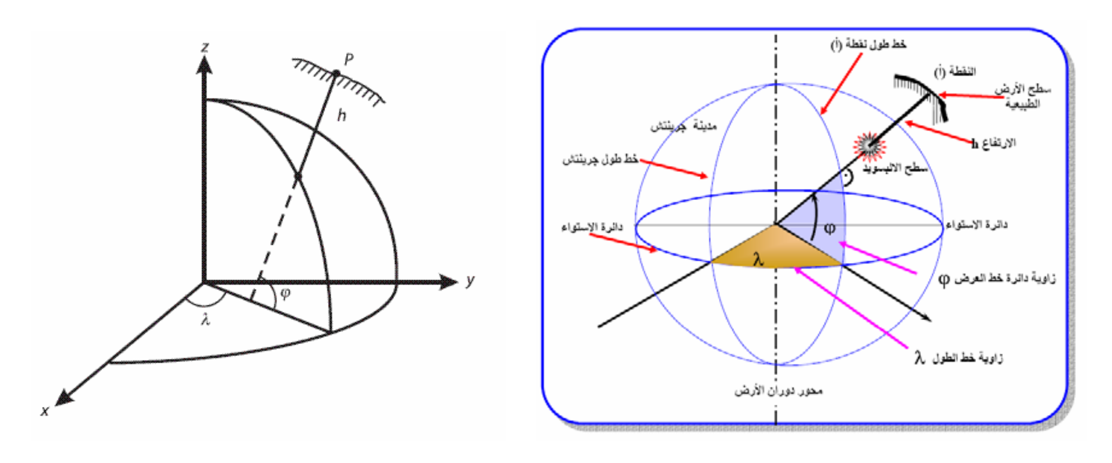
نظام الإحداثيات الجيوديسية هو أحد نظم الإحداثيات الذي مركزه هو مركز الأرض ومحاوره مثبته مع الأرض أثناء دورانها ولذلك يطلق عليه نظام مركزي أرضي ثابت Earth-Centered Earth-Fixed أو اختصارا ECEF. مركز النظام يقع في مركز جاذبية الأرض، وينطبق محوره الرأسي z مع محور دوران الأرض ، يتجه محوره الأفقي الأول x ناحية خط طول جرينتش بينما محوره الأفقي الثاني y يكون عموديا علي محور x (شكل ٤-٦).



شكل (٤-٦) نظام الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

يتم تمثيل موقع أي نقطة في هذا النظام بثلاثة قيم أو ثلاثة إحداثيات ، أي أن هذا النظام ثلاثي الأبعاد 3D (شكل ٤-٧):

- خط الطول Longitude ويرمز له بالرمز اللاتيني λ (ينطق لامدا) ، وهو الزاوية المقاسة في مستوي دائرة الاستواء بين خط طول جرينتش (وهو خط الطول الذي أصطلح دوليا أن يكون رقم صفر) و خط طول النقطة المطلوبة.
- دائرة العرض Latitude ويرمز له بالرمز اللاتيني ϕ (ينطق فاي) ، وهي الزاوية في المستوي الرأسي والتي يصنعها الاتجاه العمودي المار بالنقطة المطلوبة مع مستوي دائرة الاستواء (يلاحظ في الشكل أن الاتجاه العمودي علي سطح الاليبسويد لا يمر بمركز الاليبسويد عكس حالة الكرة حيث يمر العمودي علي سطح الكرة بمركزها).
- الارتفاع عن سطح الاليبسويد ويرمز له بالرمز h ويسمي الارتفاع الجيوديسي أو الارتفاع الاليبسويدي Geodetic or Ellipsoidal Height

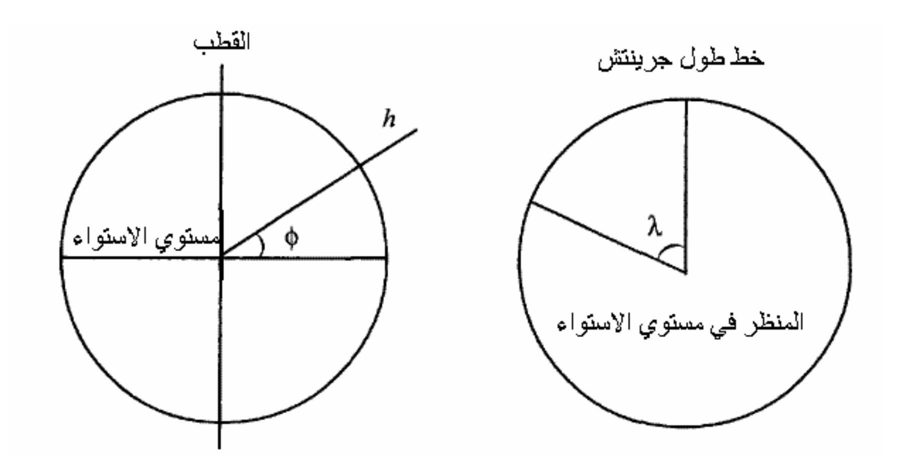


شكل (٤-٧) الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية

وتوجد عدة نظم للوحدات المستخدمة في التعبير عن خطوط الطول و دوائر العرض أشهرها نظام الوحدات الستيني ، وفيه يتم تقسم الدائرة الكاملة إلي ٣٦٠ درجة (رمز الدرجة هو ^{o}) ثم تقسم الدرجة إلي ٦٠ جزء كلا منهم يسمي الدقيقة (رمز الدقيقة هو ') ثم لاحقا تقسم الدقيقة الواحدة إلي ٦٠ جزء يسمي الواحد منهم بالثانية (رمز الثانية هو "). كمثال: خط الطول 30^o 45' 52.3" يعني أن موقع هذه النقطة عند ٣٠ درجة و ٤٥ دقيقة و ٥٢.٣ ثانية. تكون خطوط الطول أما شرق خط طول جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف ق أو E) أو غرب جرينتش (يرمز لها بإضافة حرف غ أو W). أما بالنسبة لدوائر العرض فتكون أما شمال دائرة الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ش أو N) أو جنوب خط الاستواء (يرمز لها بإضافة حرف ج أو S).

٤-٢-٢ الإحداثيات الكروية

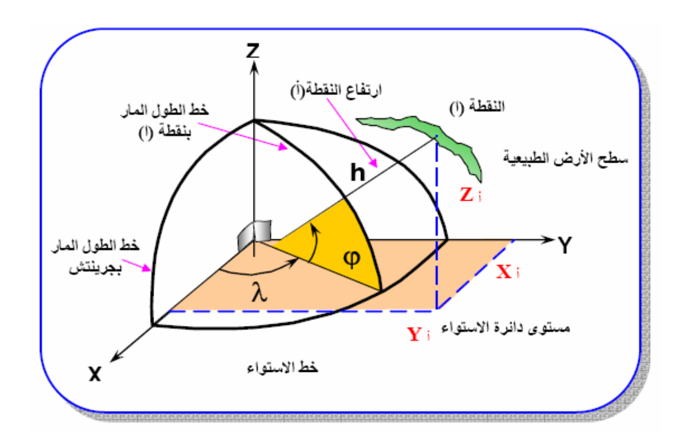
يشبه نظام الإحداثيات الكروية Spherical Coordinates نظام الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية ألا في اختلاف واحد فقط ألا وهو أن السطح المرجعي هنا هو الكرة و ليس الاليبسويد (شكل ٤-٨). يلاحظ في الشكل (خاصة لقياس دائرة العرض ϕ) أن الاتجاه العمودي علي سطح الكرة يمر بمركزها عكس حالة الاليبسويد حيث لا يمر العمودي علي سطح الاليبسويد بمركزه.



شكل (٤-٨) الإحداثيات الكروية

٤-٢-٣ الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية أو الفراغية أو الديكارتية

هو نظام إحداثيات مشابه تماما في تعريفه لنظام الإحداثيات الجيوديسية ألا أنه يتميز أن إحداثياته الثلاثة تكون طولية (أي بالمتر أو الكيلومتر) و ليس منحنية (بالدرجات) مما يجعله أسهل في التعامل وخاصة في الحسابات ، وقد أبتكره العالم الفرنسي ديكارت في القرن السابع عشر. نقطة الأصل لنظام الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية Cartesian Geodetic Coordinates هي مركز الأرض ومحوره الأول X ينشأ من تقاطع مستوي خط الطول المار بجرينتش مع مستوي دائرة الاستواء ومحوره الثاني Y هو العمودي علي محور X بينما المحور الثالث (الرأسي) Z هو محور دوران الأرض و الذي يمر بمركز الأرض وكلا القطبين. ويعبر عن موقع كل نقطة بثلاثة إحداثيات: X, Y, Z (شكل ٤-٩).



شكل (٤-٩) الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية

٤-٢-٤ التحويل بين الإحداثيات الجغرافية

يمكن باستخدام مجموعة المعادلات التالية تحويل الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) إلي الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z):

$$X = (c + h) \cos \phi \cos \lambda$$
$$Y = (c + h) \cos \phi \sin \lambda \qquad (4\text{-}2)$$
$$Z = [\, h + c\, (1 - e^2)\,] \sin \phi$$

حيث c يسمي نصف قطر التكور radius of curvature ، e تسمي المركزية الأولي first eccentricity ويتم حسابهما كالتالي:

$$c = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \phi)}} \qquad (4\text{-}3)$$

$$e = [\, \sqrt{(a^2 - b^2)}\,] / a \qquad (4\text{-}4)$$

أما للتحويل من الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X, Y, Z) إلي الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية (ϕ, λ, h) فأحد الحلول يتمثل في المعادلات التالية:

$$\tan \lambda = Y / X$$

$$\tan \phi = \frac{Z \,/\, \sqrt{(X^2 + Y^2)}}{1 - e^2 \,(c / (c + h))} \qquad (4\text{-}5)$$

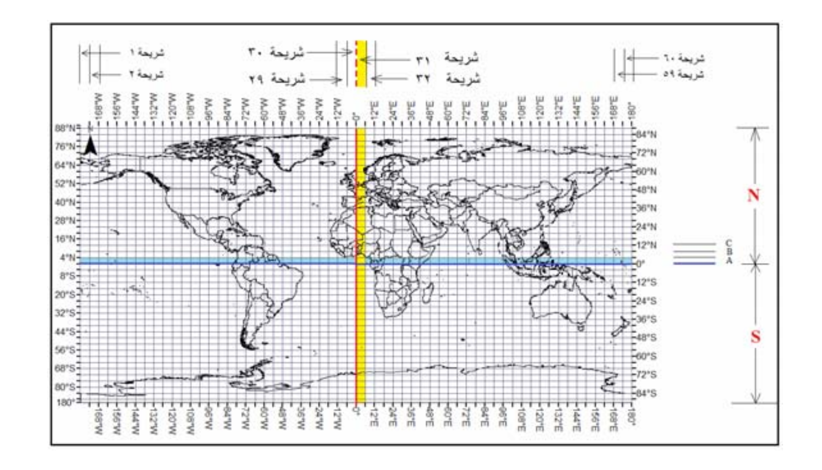
$$h = \frac{\sqrt{(X^2 + Y^2)}}{\cos \phi} - c$$

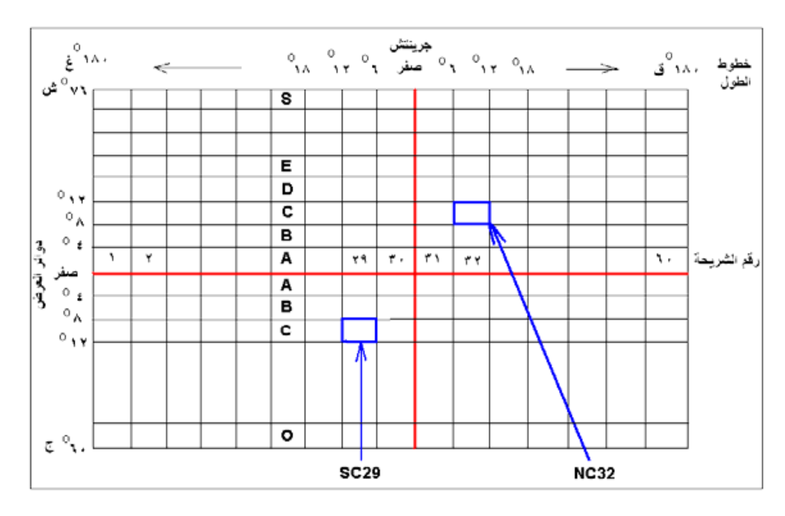
نلاحظ في هذه المعادلات أننا نحتاج لمعرفة قيمة c لكي نستطيع حساب قيمة ϕ و h ، لكن لنحسب قيمة c من المعادلة ٤-٣ فأننا نحتاج لمعرفة قيمة ϕ ! ولذلك يتم حساب هذا النوع من التحويل بطريقة تكرارية Iterative ، حيث نبدأ باستخدام قيمة تقريبية لدائرة العرض ϕ ونحسب قيمة تقريبية لنصف قطر التكور c ثم نأخذ قيمة c هذه لنحسب منها قيمة جديدة ϕ وهكذا لعدد من المرات إلي أن نجد عدم وجود أي فرق جوهري Significant بين قيمتين متتاليتين لدائرة العرض ϕ.

٤-٢-٥ نظام الخرائط المليونية

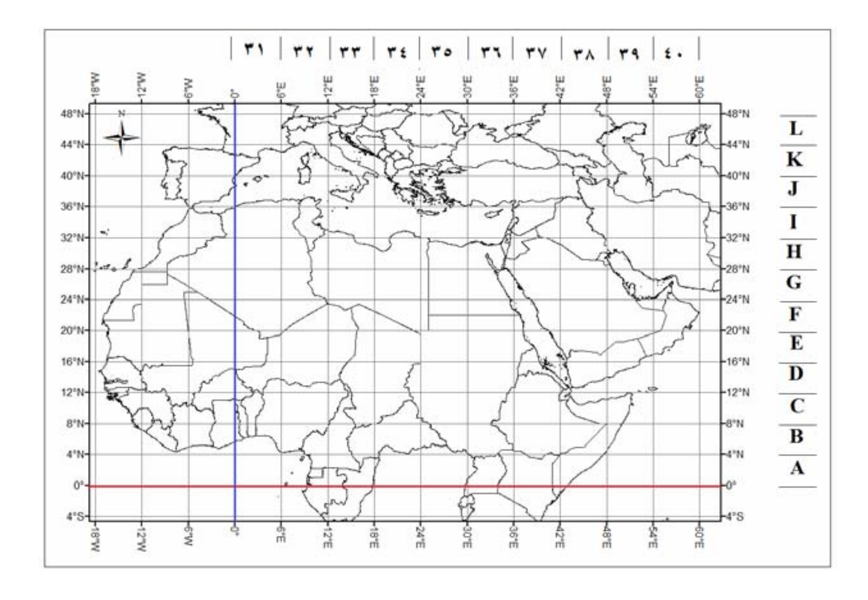
تعد الخرائط المليونية من أهم أنواع الخرائط (الفصل الثاني) التي تم الاتفاق علي مواصفاتها علي المستوي العالمي. يعتمد نظام ترقيم هذه الخرائط علي خطوط الطول و دوائر العرض لإعداد نظام ترقيم يغطي الأرض كلها:

- يتم تقسيم الأرض بدءا من خط طول ١٨٠ غربا إلي ٦٠ شريحة طولية يبلغ عرض كل شريحة ٦ درجات من خطوط الطول.
- يبدأ ترقيم الشرائح من رقم ١ ويزداد الرقم كلما اتجهنا ناحية الشرق.
- بذلك فأن الشريحة التي تنتهي عند خط طول جرينتش (خط طول صفر) يكون رقمها هو ٣٠ بينما أول شريحة شرق خط جرينتش يكون رقمها هو ٣١.
- أما في اتجاه القطبين فأن الشرائح العرضية يبلغ طول الشريحة الواحدة ٤ درجات من دوائر العرض.
- ترقم الشرائح العرضية بالحروف الانجليزية بدءا من الحرف A عند دائرة الاستواء ثم B ثم C وهكذا كلما اتجهنا ناحية القطب الشمالي.
- تأخذ الشرائح العرضية جنوب دائرة الاستواء نفس الحروف و بنفس الترتيب.
- تأخذ الشرائح شمال دائرة الاستواء الرمز N بينما تأخذ الشرائح الواقعة جنوب خط الاستواء الحرف S.
- كل مستطيل يحمل أسما محددا مكون من حرفين و رقم. مثلا: المستطيل (أو الشريحة) NH36 يقع شمال دائرة الاستواء (لأن أسمه يبدأ بالرمز N) في الشريحة الطولية رقم ٣٦ (أي شرق خط جرينتش) والشريحة العرضية H.
- كل شريحة (طولها ٦ درجات طول و عرضها ٤ درجات عرض) يتم رسمها في خريطة مليونية (بمقياس رسم ١ : ١،٠٠٠،٠٠٠).





شكل (٤-١٠) نظام ترقيم الخرائط المليونية لكل العالم



شكل (٤-١١) ترقيم الخرائط المليونية في المنطقة العربية

مثال ١:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة القاهرة: خط الطول ١٥' ٣١° شرقا و دائرة العرض ٣' ٣٠° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:
خط الطول = (١٥/٦٠) + ٣١ = ٣١.٢٥ درجة
دائرة العرض = (٣/٦٠) + ٣٠ = ٣٠.٠٥ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤ (٤-٦)

= ٣٠.٠٥ ÷ ٤ = ٧.٥٢

أي أنه الحرف رقم ٨ (لأنه تجاوز الرقم ٧) وبالتالي فهو الحرف **H** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦ (٤-٧)

= ٣١.٢٥ ÷ ٦ = ٥.٢

أي أنها الشريحة رقم ٦ (لأنها تجاوزت الرقم ٥).

بما أن خط طول مدينة القاهرة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقم الشريحة = ٦ + ٣٠ = **٣٦**

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NH36**

مثال ٢:

حدد رقم الشريحة العالمية التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض الي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:
خط الطول = (١٧/٣٦٠٠) + (١٠/٦٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة
دائرة العرض = (٥٥/٣٦٠٠) + (٢٩/٦٠) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = دائرة العرض ÷ ٤
= ٢١.٤٩٩ ÷ ٤ = ٥.٤

أي أنه الحرف رقم ٦ (لأنه تجاوز الرقم ٥) وبالتالي فهو الحرف **E** .

لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = خط الطول ÷ ٦
= ٣٩.١٧١ ÷ ٦ = ٦.٥

أي أنها الشريحة رقم ٧ (لأنها تجاوزت الرقم ٦).

بما أن خط طول مدينة جدة يقع شرق خط جرينتش، فأنها ستكون شرق الشريحة رقم ٣٠:

رقيم الشريحة = ٧ + ٣٠ = **٣٧**

بما أن دائرة عرض مدينة القاهرة تقع شمال دائرة الاستواء، فأن الشريحة ستبدأ بالرمز **N**

أي أن رقم الشريحة المليونية لمدينة القاهرة هو : **NE37**

مثال ٣:

حدد خطوط الطول و دوائر العرض للمنطقة الجغرافية التي تغطيها الخريطة المليونية **NH36**؟

١- الرمز **N** يدل علي أن هذه الشريحة تقع **شمال** دائرة الاستواء.

٢- الحرف **H** هو الحرف رقم **٨** في ترتيب الحروف الانجليزية:

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2	3	4	5	6	7	8	9

وحيث أن طول الشريحة الواحدة = ٤ درجات عرض، فأن:

أقصي دائرة عرض للشريحة = **٨** × ٤° = ٣٢° شمالا

٣- بما أن طول الشريحة = ٤ درجات طول، فأن:

أقل دائرة عرض للشريحة = ٣٢° – ٤" = ٢٨" شمالا

٤- رقم الشريحة = ٣٦ أي أنها الشريحة رقم ٦ شرق خط جرينتش

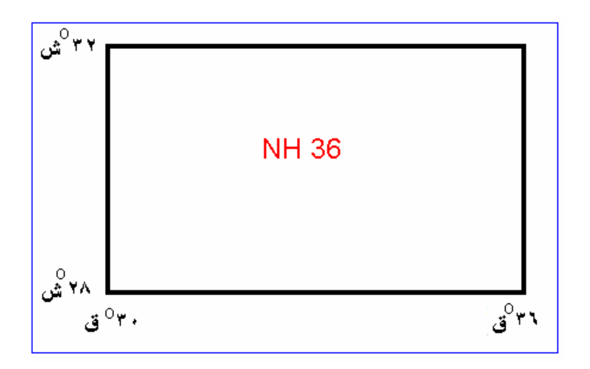
وحيث أن عرض الشريحة الواحدة = ٦ درجات طول، فأن:

أقصي خط طول للشريحة = ٦ × ٦° = ٣٦° شرقا

٥- بما أن طول الشريحة = ٦ درجات طول، فأن:

أقل خط طول للشريحة = ٣٦° - ٦° = ٣٠° شرقا

بذلك فأن الشريحة NH36 ستغطي المنطقة من خط طول ٣٠° شرقا إلي خط طول ٣٦° شرقا ومن دائرة عرض ٢٨° شمالا إلي دائرة عرض ٣٢° شمالا.



مثال ٤:

حدد أرقام الخرائط المليونية التي تغطي جمهورية مصر العربية؟

تمتد مصر تقريبا بين خطي طول ٢٥ و ٣٦ شرقا وبين دائرتي عرض ٢٢ و ٣١.٨ شمالا.

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٢٥ ÷ ٦ = ٤.٢ أي الشريحة ٥ شرق جرينتش

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٣٦ ÷ ٦ = ٦

بما أن مصر تقع شرق جرينتش، فأن:

الشريحة الطولية للحدود الغربية لمصر = ٥ + ٣٠ = ٣٥

الشريحة الطولية للحدود الشرقية لمصر = ٦ + ٣٠ = ٣٦

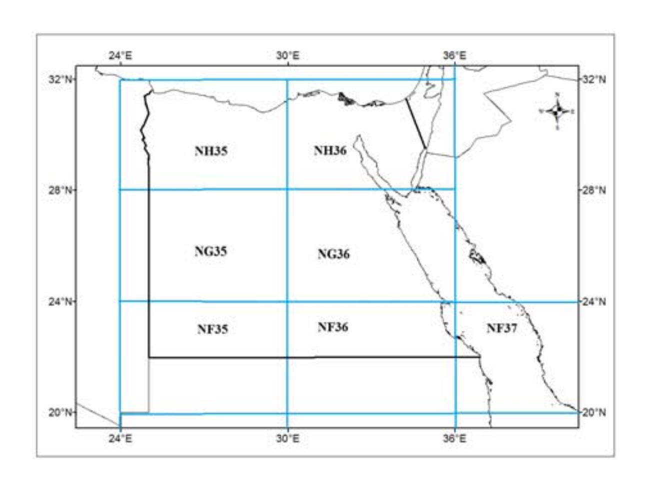
الشريحة العرضية للحدود الجنوبية لمصر = ٢٢ ÷ ٤ = ٥.٥ ، أي الشريحة ٦ وهي التي تقابل الحرف F (الحرف السادس من الحروف الانجليزية).

الشريحة العرضية للحدود الشمالية لمصر = ٣١.٨ ÷ ٤ = ٧.٩ ، أي الشريحة ٨ وهي التي تقابل الحرف H (الحرف الثامن من الحروف الانجليزية).
أي أن مصر ستقع في ثلاثة شرائح عرضية هي الشرائح السادسة و السابعة و الثامنة وهي ذات الحروف F و G و H.

إذن الخرائط المليونية التي تغطي مصر هي:

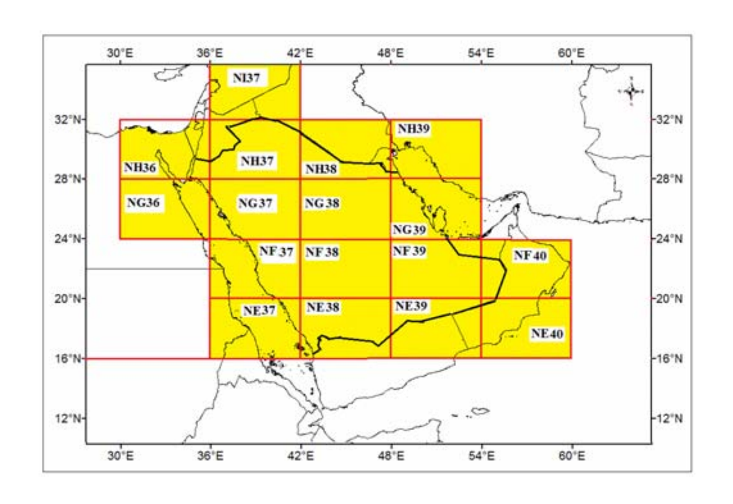
NF35, NG35, NH35, NF36, NG36, NH36

بينما يوجد جزء صغير جدا من الحدود المصرية الجنوبية الشرقية واقعا في الشريحة NF37 وهو الجزء الواقع شرق خط الطول ٣٦.



شكل (٤-١٢) ترقيم الخرائط المليونية في مصر

بنفس الطريقة يمكن استنتاج شرائح الخرائط المليونية التي تغطي المملكة العربية السعودية كما في الشكل التالي.

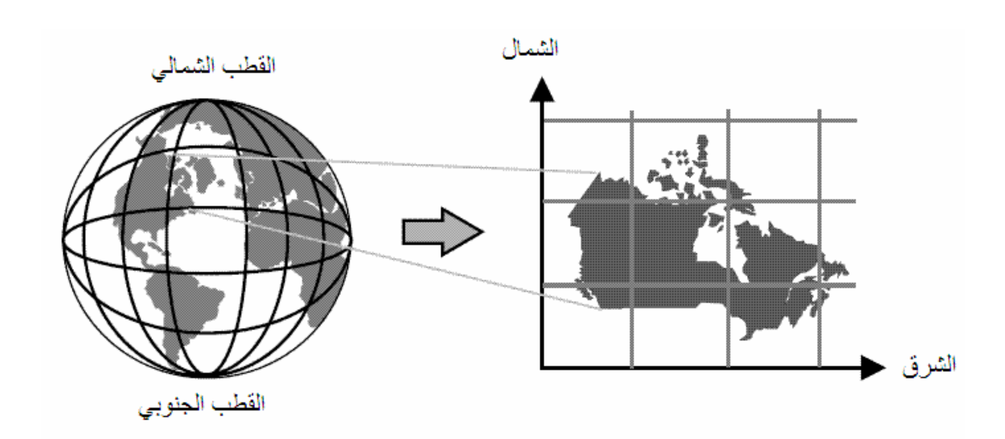


شكل (٤-١٣) ترقيم الخرائط المليونية في المملكة العربية السعودية

يمكن ملاحظة أن الشكل السابق يختلف عن الشكل (٢-٥٤) ويعود سببي هذا الاختلاف إلي: (١) أن المملكة العربية السعودية عند إنتاج خرائطها المليونية قد قررت أن تغطي الخريطة الواحدة منطقة جغرافية تمتد ٣ درجات من خطوط الطول و ٤ درجات من دوائر العرض، بينما المواصفات العالمية للخرائط المليونية تحدد المنطقة الجغرافية للخريطة الواحدة بحيث تمتد ٦ درجات طول و ٤ درجات عرض. (٢) كما أن الحدود الشرقية لبدء رسم الخرائط المليونية السعودية بدأت من خط طول ٣٢ شرقا وليس ٣٠ شرقا كما في المواصفات العالمية. وبذلك فقد زاد عدد الخرائط المليونية التي تغطي المملكة من ١٧ إلي ٢٣ خريطة، وأيضا لم يتم استخدام أرقام الخرائط المليونية المتعارف عليها بل تم استخدام الأرقام من ١ إلي ٢٣ للخرائط المليونية السعودية.

٤-٣ إسقاط الخرائط

إسقاط الخرائط Map Projection هو العملية الرياضية التي تمكننا من تحويل الإحداثيات علي مجسم الأرض - سواء كان الشكل المرجعي الذي يمثل الأرض هو الكرة أو الاليبسويد- (أي إحداثيات ثلاثية الأبعاد) إلي إحداثيات ممثلة علي سطح مستوي وهو الخريطة (أي إحداثيات ثنائية الأبعاد أو إحداثيات شبكية Grid Coordinates). أو بمعني آخر: هو العملية التي تمكننا من تحويل قيم خط الطول و دائرة العرض لموقع إلي الاحداثي الشرقي و الاحداثي الشمالي المطلوبين لتوقيع هذا الموقع علي الخريطة (شكل ١٣-١٠). ويسمي الشكل الناتج عن عملية الإسقاط بالمسقط.



شكل (٤-١٢) عملية إسقاط الخرائط

ولا يمكن بأي حال من الأحوال أن تتم عملية تحويل الشكل المجسم للأرض إلي شكل مستوي (خريطة) بصورة تامة ولكن سيكون هناك ما نسميه " التشوه Distortion" في أي طريقة من طرق إسقاط الخرائط. تحاول الطرق المختلفة لإسقاط الخرائط أن تحافظ علي واحدة أو أكثر من الخصائص التالية بين الهدف الحقيقي علي الأرض و صورته علي الخريطة(مرة أخري لا يمكن تحقيق كل الخصائص مجتمعة):

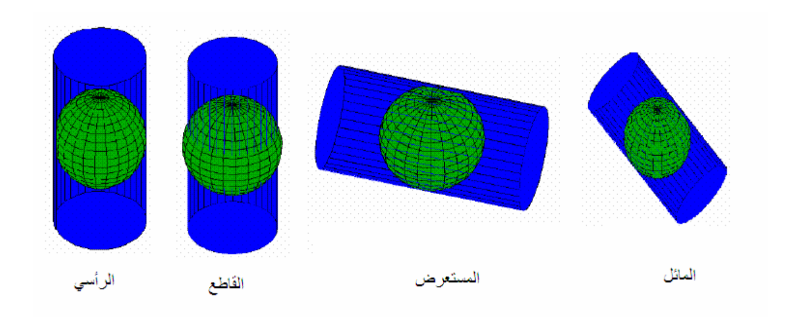
- تطابق في المساحات
- تطابق في المسافات
- تطابق في الاتجاهات
- تطابق في الزوايا
- تطابق في الأشكال

هنـاك بعـض أنـواع الإسـقاط التـي تحـافظ علـي المسـافات وتـسمي مـساقط المـسافات المتـساوية Equidistance Projection وأنواع تحافظ علي الأشكال و الزوايا معا لكن في مساحات محـدودة وتـسمي مـساقط التماثل Conformal Projection (وهـي الأقـرب للاسـتخدام فـي التطبيقات المساحية) وأنواع ثالثة تحافظ علي المساحات وتسمي مساقط المساحات المتساوية Equal-Area Projection.

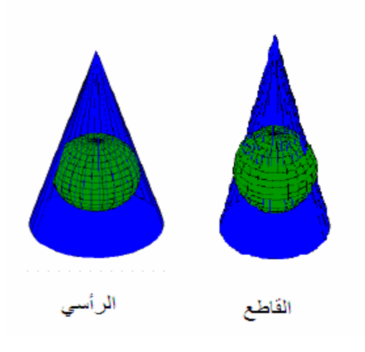
تنقسم مساقط الخرائط إلي ٤ مجموعات رئيسية:

أ- المساقط الاسطوانية Cylindrical Projections: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علـي اسطوانة والتـي أمـا تمس الأرض رأسيا أو تقطعها أو تمس الأرض عرضيا أو بصورة مائلة (شكل ٤-١١).
ب- المساقط المخروطية Conical; Projection: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علي مخروط والذي أما يمس الأرض رأسيا أو يقطعها (شكل ٤-١٢).
ت- المساقط السمتية أو المستوية أو الاتجاهية Azimuthal Projection: تنشأ من إسقاط سطح الأرض علي مستوي والذي أما يمس الأرض رأسيا عند نقطة محددة أو يقطعها في دائرة (شكل ٤-١٣).
ث- مساقط أخري خاصة.

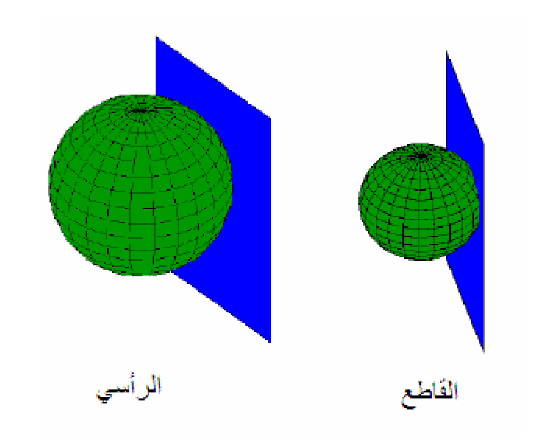
غالبا يلعب شكل المنطقة الجغرافية المطلوب إسقاطها دورا مهما في تحديد طريقة الإسقاط المناسبة ، فكمثال نختار طريقة إسقاط سمتيه إذا كانت شكل المنطقة شبه دائري و طريقة إسقاط اسطوانية للمناطق شبه المستطيلة و طريقة إسقاط مخروطية للمناطق شبه المثلثية.



شكل (٤-١٣) طرق الإسقاط الاسطواني



شكل (٤-١٤) طرق الإسقاط المخروطي

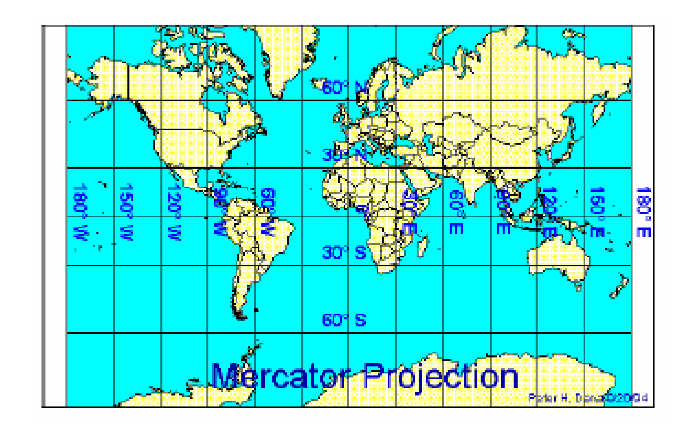


شكل (٤-١٥) طرق الإسقاط السمتي أو المستوي

وفي الجزء التالي سنستعرض بعض نماذج مساقط الخرائط الشهيرة:

مسقط ميريكاتور Mercator Projection:

مسقط أسطواني يحقق شرط أن خطوط الطول و دوائر العرض تتقاطع في زوايا قائمة تماما. يكون المقياس scale صحيحا عند دائرة الاستواء أو عند دائرتي عرض قياسيتين Standard Parallels علي مسافات متساوية من الاستواء. غالبا يستخدم هذا المسقط في الخرائط البحرية (شكل ٤-١٤).



شكل (٤-١٦) مسقط ميريكاتور

مسقط ميريكاتور المستعرض Transverse Mercator Projection:

ينتج هذا المسقط من إسقاط الأرض علي اسطوانة تمسها عند خط طول مركزي Central Meridian. وغالبا يستخدم هذا المسقط للمناطق التي تمتد في اتجاه شمال-جنوب أكبر من امتدادها في اتجاه شرق-غرب. يزداد التشوه (في المقياس و المسافة و المساحة) كلما ابتعدنا عن خط الطول المركزي ، ولذلك نلجأ إلي فكرة الشرائح عند استخدام هذا المسقط حيث يكون عرض الشريحة الواحدة – في اتجاه الشرق – ثلاثة أو أربعة درجات من خطوط الطول بحيث

لا يكون مقدار التشوه كبيرا عند أطراف الشريحة التي يقع خط طولها المركزي في منتصفها.
مسقط ميريكاتور المستعرض مستخدم في خرائط الكثير من دول العالم مثل مصر و بريطانيا.
مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي Universal Transverse Mercator Projection:

يعد أشهر أنواع مساقط الخرائط علي المستوى العالمي و يرمز له اختصارا بأحرف UTM. كما زادت أهميته في السنوات الأخيرة بسبب أنه أحد المساقط المستخدمة في أجهزة تقنية النظام العالمي لتحديد المواقع GPS.

– يعتمد مسقط UTM علي إيجاد طريقة لرسم خرائط العالم كله وذلك عن طريق تقسيم الأرض إلي ٦٠ شريحة zones كلا منها يغطي **٦ درجات** من خطوط الطول بحيث يكون لكل شريحة مسقط UTM له خط طول مركزي Central Meridian يقع في مركز هذه الشريحة.

– تمتد شرائح مسقط UTM من دائرة العرض ٨٠ جنوبا إلي دائرة العرض ٨٤ شمالا.

– ترقم الشرائح من رقم ١ إلي رقم ٦٠ بدءا من خط الطول ١٨٠° غرب ، بحيث تمتد الشريحة الأولي من ١٨٠° غرب إلي ١٧٤° غرب ويكون خط طولها المركزي central meridian عند ١٧٧° غرب.

– تقسم كل شريحة طولية إلي مربعات كل **٨ درجات** من دوائر العرض.

– يكون هناك حرف خاص – كاسم - لكل مربع من هذه المربعات ، وتبدأ الحروف من حرف **C** جنوبا إلي حرف X شمالا مع **استبعاد** حرفي I و O (لقرب الشبه بينهما وبين الأرقام الانجليزية!).

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

– يكون معامل المقياس scale factor مساويا ٠.٩٩٩٦ عند خط الطول المركزي ، بحيث مع ازدياد التشوه كلما بعدنا عن خط الطول المركزي فأن أقصي قيمة لمعامل القياس عند أطراف الشريحة ستكون ١.٠٠٠٩٧ عند خط الاستواء أو ١.٠٠٠٢٩ عند دائرة عرض ٤٥° ش.

بمقارنة نظام UTM مع نظام الخرائط المليونية نجد أن:

– الشرائح الطولية واحدة في كلا النظامين سواء من حيث عرض الشريحة (٦ درجات من خطوط الطول) أو من حيث عدد الشرائح (٦٠ في كلاهما) أو من أسلوب ترقيم الشرائح.
– يختلف النظامين في الشرائح العرضية في نقطتين:

- عرض الشريحة: في نظام UTM يبلغ عرض الشريحة ٨ درجات من دوائر العرض بينما عرض الشريحة المليونية ٤ درجات فقط. أي أن كل شريحة UTM تحتوي شريحتين من الشرائح المليونية.
- ترقيم الشرائح: يبدأ الترقيم في الشرائح المليونية من عند دائرة الاستواء بالحرف A بينما بداية الترقيم في شرائح UTM من عند دائرة عرض ٨٠ جنوبا بالحرف C.
- في الشرائح المليونية يتم استخدام كافة الأحرف الانجليزية بالترتيب، بينما في شرائح UTM يتم استبعاد حرف O وحرف I.

لتحديد رقم شريحة UTM لأي موقع جغرافي:

$$\textbf{ترتيب الحرف} = \left(\frac{\textbf{دائرة العرض} + ٨٠}{٨} \right) + ١ \qquad (٤-٨)$$

المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شمال دائرة الاستواء، أما إن كان الموقع يقع جنوب خط الاستواء فيتم استخدام معادلة أخري هي:

ترتيب الحرف = (دائرة العرض - ٨٠) ÷ ٨

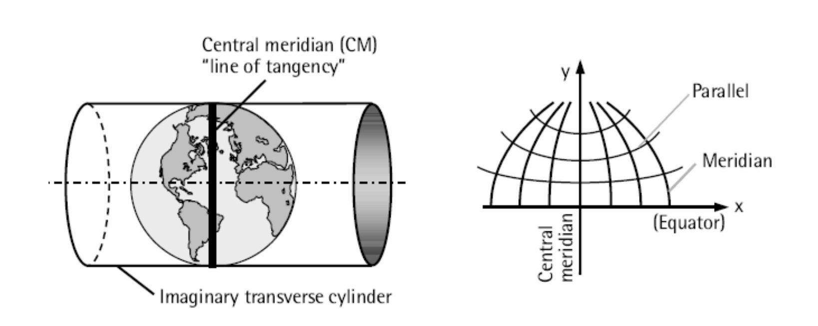
ولحساب رقم الشريحة:

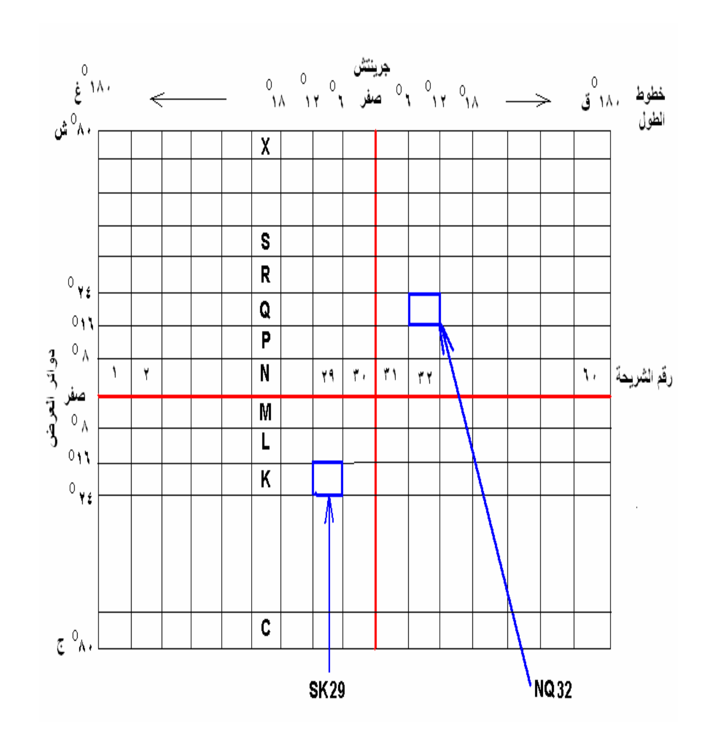
$$\textbf{رقم الشريحة} = \left(\frac{\textbf{خط الطول}}{٦} \right) + ٣١ \qquad (٤-٩)$$

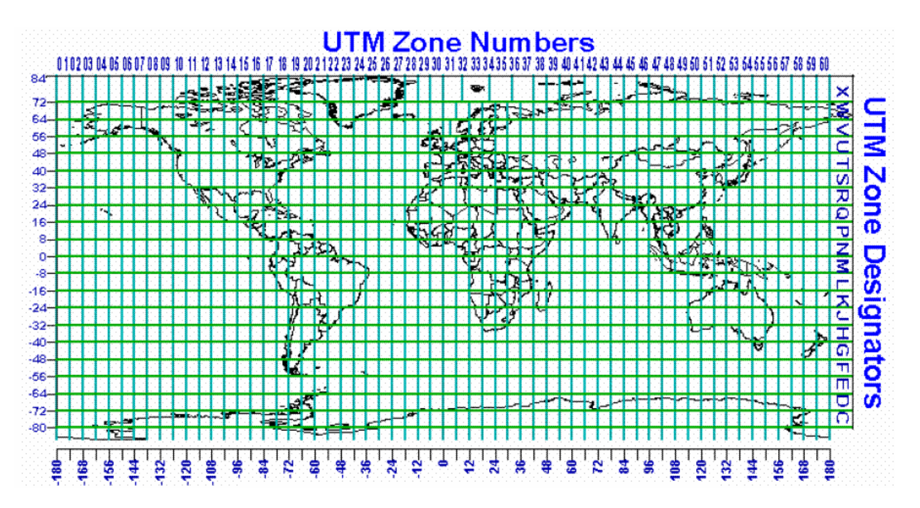
المعادلة السابقة لحالة أن الموقع الجغرافي يقع شرق جرينتش، أما إن كان الموقع يقع غرب جرينتش فيتم استخدام معادلة أخري هي:

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) - ٣٠

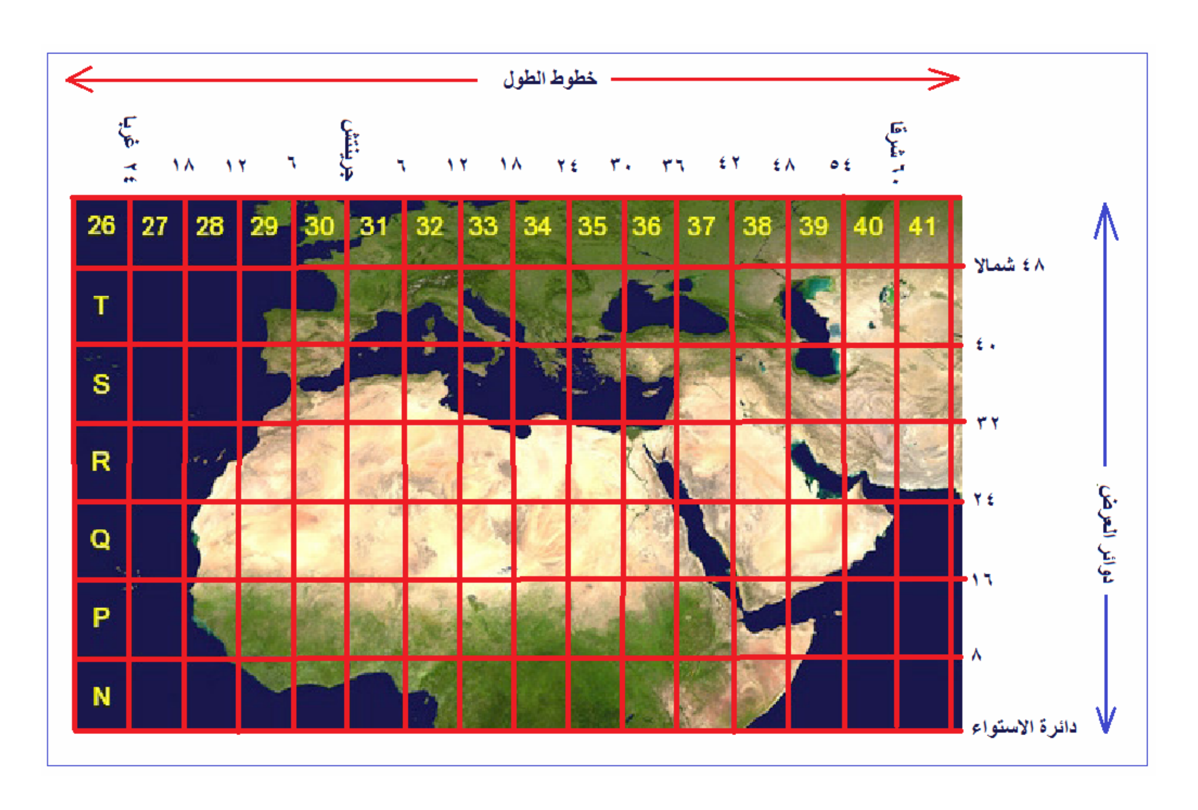
علي أن يتم في كلتا المعادلتين ٤-٨ و ٤-٩ أخذ الرقم الصحيح للناتج فقط ودون تقريب (بخلاف طريقة حساب الخرائط المليونية).







شكل (٤-١٥) مسقط ميريكاتور المستعرض



شكل (٤-١٦) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض للدول العربية

مثال:

حدد رقم شريحة UTM التي تقع بها مدينة جدة: خط الطول ١٧" ١٠' ٣٩° شرقا و دائرة العرض ٥٥" ٢٩' ٢١° شمالا؟

أولا: نحول خط الطول و دائرة العرض إلي وحدات الدرجات ليسهل التعامل معها:

خط الطول = (٣٦٠٠/١٧) + (٦٠/١٠) + ٣٩ = ٣٩.١٧١ درجة
دائرة العرض = (٣٦٠٠/٥٥) + (٦٠/٢٩) + ٢١ = ٢١.٤٩٩ درجة

ثانيا: لتحديد الشريحة العرضية (الحرف):

ترتيب الحرف = ((دائرة العرض + ٨٠) ÷ ٨) + ١
= ((٢١.٤٩٩ + ٨٠) ÷ ٨) + ١
= (١٠١.٤٩٩ ÷ ٨) + ١
= ١٢.٧ + ١
= ١٣.٧
أي الحرف رقم ١٣ (مع إلغاء الكسر الناتج خلافا لطريقة الشرائح المليونية).

الحرف رقم ١٣ في الحروف الانجليزية (بدءا من حرف C مع استبعاد حرفي I, O) هو: **Q**

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	2	3	4	5	6	-	7	8	9	10	11	-	12	13	14	15	16

ثالثا: لتحديد رقم الشريحة:

رقم الشريحة = (خط الطول ÷ ٦) + ٣١
= (٣٩.١٧١ ÷ ٦) + ٣١
= ٦.٥ + ٣١
= ٣٧.٥

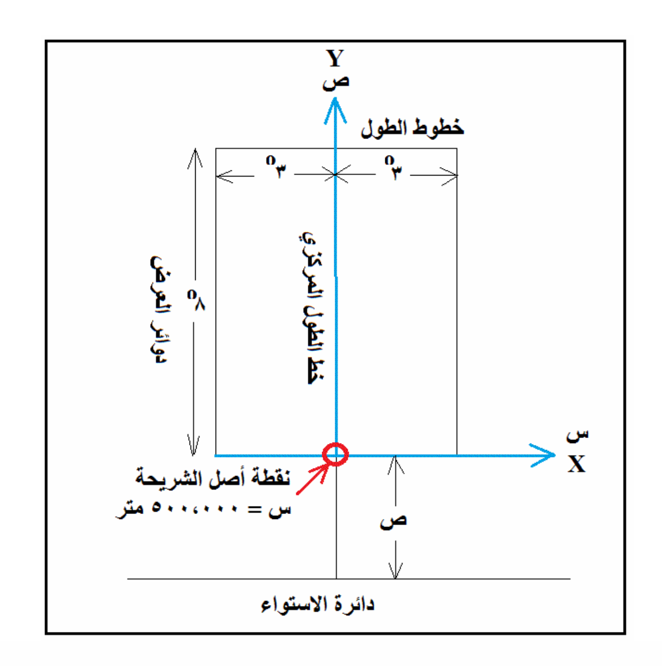
أي أنها الشريحة رقم **٣٧** (مع إلغاء الكسر الناتج خلافا لطريقة الشرائح المليونية).

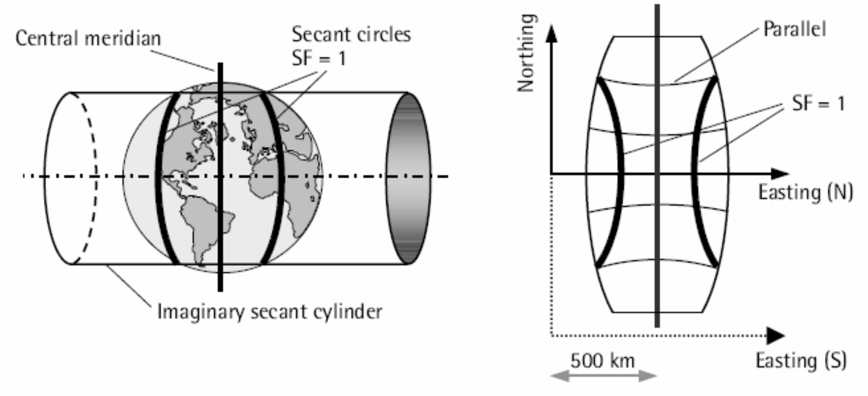
إذن:

رقم شريحة UTM لمدينة جدة هو : **Q37**

يتكون نظام الإحداثيات المسقطة في UTM من:

- نقطة الأصل (صفر ، صفر) للشريحة تقع في تقاطع خط الطول المركزي للشريحة مع دائرة الاستواء.
- الاحداثي السيني X في اتجاه الشرق.
- الاحداثي الصادي Y في اتجاه الشمال.
- تعطى قيمة إحداثيات شرقية زائفة False Easting لنقطة الأصل بقيمة ٥٠٠،٠٠٠ متر (لذلك فأن الاحداثي السيني لا يزيد عن ٦ خانات).
- لا تعطى أي قيمة إحداثيات شمالية زائفة False Easting لنقطة الأصل، أي أن قيمة الصفر في اتجاه الشمال تكون بالفعل عند دائرة الاستواء (وبذلك فأن الاحداثي الصادي قد يصل إلي ٧ خانات).





شكل (٤-١٧) شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض العالمي

لا يمكن ضم شريحتين من شرائح UTM في خريطة واحدة (أو في ملف رقمي واحد) والسبب في ذلك أن نقطة أصل كل شريحة تأخذ الاحداثي السيني المفروض وهو ٥٠٠،٠٠٠ متر، مما سيجعل الإحداثيات الشرقية X للمعالم (المختلفة) علي كلا الخريطتين تتكرر في كلا الشريحتين.

تتكون معادلات التحويل من الإحداثيات الجغرافية (خط الطول و دائرة العرض) إلي الإحداثيات المترية بنظام UTM من عدة معادلات ليست بسيطة ولا يمكن حسابها بآلة حاسبة بل تحتاج لبرنامج كمبيوتر لإتمامها. الشكل التالي يقدم هذه المعادلات بصورة شاملة دون الدخول في تفاصيلها الكاملة.

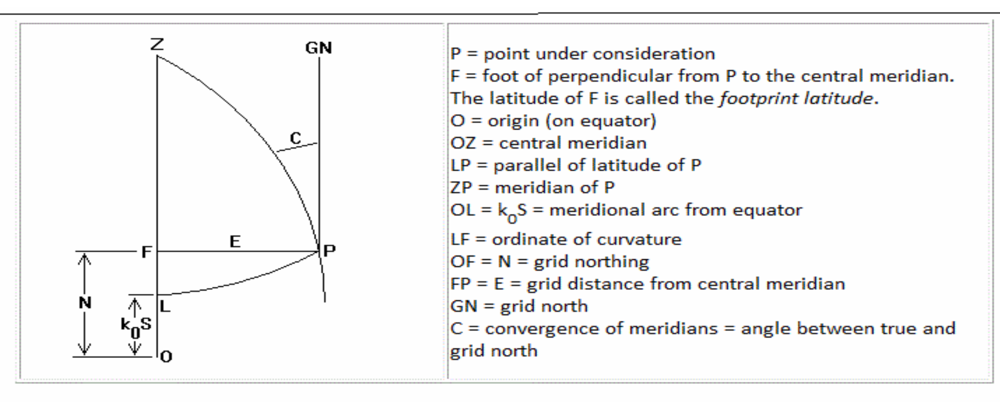
تجدر الإشارة لوجود بعض المواقع علي شبكة الانترنت التي تقدم خدمات آنية on-line لإجراء هذه الحسابات و تحويل الإحداثيات، ومنهم علي سبيل المثال:

http://www.rcn.montana.edu/resources/tools/coordinates.aspx

http://gis.dep.wv.gov/convert/llutm_conus.php

http://www.geod.nrcan.gc.ca/tools-outils/tools_info_e.php?apps=gsrug

http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html



Symbols

- lat = latitude of point
- long = longitude of point
- $long_0$ = central meridian of zone

  k_0 = scale along $long_0$ = 0.9996. Even though it's a constant, we retain it as a separate symbol to keep the
- numerical coefficients simpler, also to allow for systems that might use a different Mercator projection.
- e = $SQRT(1-b^2/a^2)$ = .08 approximately. This is the eccentricity of the earth's elliptical cross-section.

  $e'^2 = (ea/b)^2 = e^2/(1-e^2)$ = .007 approximately. The quantity e' only occurs in even powers so it need only be
- calculated as e'^2.
- n = (a-b)/(a+b)
- rho = $a(1-e^2)/(1-e^2\sin^2(lat))^{3/2}$. This is the radius of curvature of the earth in the meridian plane.

  nu = $a/(1-e^2\sin^2(lat))^{1/2}$. This is the radius of curvature of the earth perpendicular to the meridian plane. It is also the distance from the point in question to the polar axis, measured perpendicular to the earth's
- surface.
- p = $(long-long_0)$ **in radians** (This differs from the treatment in the Army reference)

Calculate the Meridional Arc

S is the meridional arc through the point in question (the distance along the earth's surface from the equator). All angles are in radians.

- S = A'lat - B'sin(2lat) + C'sin(4lat) - D'sin(6lat) + E'sin(8lat), where lat is in radians and
- $A' = a[1 - n + (5/4)(n^2 - n^3) + (81/64)(n^4 - n^5) ...]$
- $B' = (3 \tan S/2)[1 - n + (7/8)(n^2 - n^3) + (55/64)(n^4 - n^5) ...]$
- $C' = (15 \tan^2 S/16)[1 - n + (3/4)(n^2 - n^3) ...]$
- $D' = (35 \tan^3 S/48)[1 - n + (11/16)(n^2 - n^3) ...]$
- $E' = (315 \tan^4 S/512)[1 - n ...]$

The USGS gives this form, which may be more appealing to some. (They use M where the Army uses S)

$M = a[(1 - e^2/4 - 3e^4/64 - 5e^6/256 ....)lat$
$- (3e^2/8 + 3e^4/32 + 45e^6/1024...)\sin(2lat)$
$+ (15e^4/256 + 45e^6/1024 + ...)\sin(4lat)$
- $- (35e^6/3072 + ...) \sin(6lat) + ...)]$ where lat is in radians

This is the hard part. Calculating the arc length of an ellipse involves functions called *elliptic integrals*, which don't reduce to neat closed formulas. So they have to be represented as series.

Converting Latitude and Longitude to UTM

All angles are in radians.

y = northing = $K1 + K2p^2 + K3p^4$, where

- $K1 = Sk_0$,
- $K2 = k_0$ nu sin(lat)cos(lat)/2 = k_0 nu sin(2 lat)/4
- $K3 = [k_0$ nu $\sin(lat)\cos^3(lat)/24][(5 - \tan^2(lat) + 9e'^2\cos^2(lat) + 4e'^4\cos^4(lat)]$

  x = easting = $K4p + K5p^3$, where

  - $K4 = k_0$ nu cos(lat)

شكل (٤-١٨) معادلات تحويل الإحداثيات من نظام UTM إلي النظام الجغرافي

(المرجع: http://www.uwgb.edu/dutchs/usefuldata/utmformulas.htm)

Converting UTM to Latitude and Longitude

In response to innumerable e-mails, you *cannot* use UTM grid coordinates without knowing your zone. There are sixty points on the earth's surface that have the same numerical UTM coordinates, 120 if you consider that northing is duplicated in both hemispheres.

y = northing, x = easting (relative to central meridian; subtract 500,000 from conventional UTM coordinate).

Calculate the Meridional Arc

This is easy: $M = y/k_0$.

Calculate Footprint Latitude

- $mu = M/[a(1 - e^2/4 - 3e^4/64 - 5e^6/256...)$
- $e_1 = [1 - (1 - e^2)^{1/2}]/[1 + (1 - e^2)^{1/2}]$

footprint latitude fp = mu + J1sin(2mu) + J2sin(4mu) + J3sin(6mu) + J4sin(8mu), where:

- $J1 = (3e_1/2 - 27e_1^3/32 ..)$
- $J2 = (21e_1^2/16 - 55e_1^4/32 ..)$
- $J3 = (151e_1^3/96 ..)$
- $J4 = (1097e_1^4/512 ..)$

Calculate Latitude and Longitude

- $e'^2 = (ea/b)^2 = e^2/(1-e^2)$
- $C1 = e'^2\cos^2(fp)$
- $T1 = \tan^2(fp)$
- $R1 = a(1-e^2)/(1-e^2\sin^2(fp))^{3/2}$. This is the same as rho in the forward conversion formulas above, but calculated for fp instead of lat.
- $N1 = a/(1-e^2\sin^2(fp))^{1/2}$. This is the same as nu in the forward conversion formulas above, but calculated for fp instead of lat.
- $D = x/(N1k_0)$

lat = fp - Q1(Q2 - Q3 + Q4), where:

- $Q1 = N1 \tan(fp)/R1$
- $Q2 = (D^2/2)$
- $Q3 = (5 + 3T1 + 10C1 - 4C1^2 - 9e'^2)D^4/24$
- $Q4 = (61 + 90T1 + 298C1 + 45T1^2 - 3C1^2 - 252e'^2)D^6/720$

long = long0 + (Q5 - Q6 + Q7)/cos(fp), where:

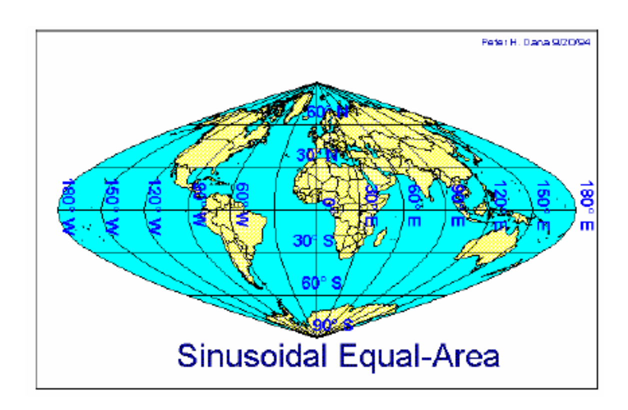
- $Q5 = D$
- $Q6 = (1 + 2T1 + C1)D^3/6$
- $Q7 = (5 - 2C1 + 28T1 - 3C1^2 + 8e'^2 + 24T1^2)D^5/120$

شكل (٤-١٩) معادلات تحويل الإحداثيات من النظام الجغرافي إلي نظام UTM

(المرجع: http://www.uwgb.edu/dutchs/usefuldata/utmformulas.htm)

مسقط ساينسويدال متساوي المساحات Sinusoidal Equal-Area Projection :

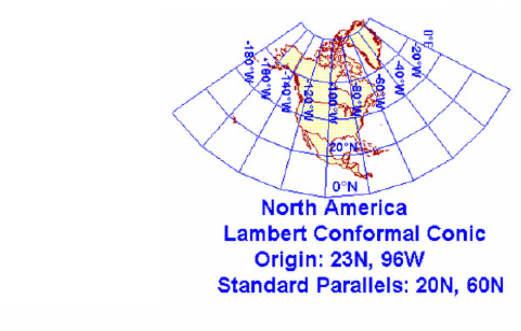
في هذا المسقط الذي يحافظ علي المساحات تتعامد دوائر العرض علي خط الطول المركزي فقط ، بينما مع باقي خطوط الطول فأن دوائر العرض تكون مقوسة بما يشبه منحني جيب الزاوية sin curves (من هنا جاء اسم هذا المسقط: المسقط الجيبي). ويكون مقياس الرسم صحيحا فقط عند خط الطول المركزي و دوائر العرض ، ويستخدم هذا المسقط (شكل ٤-١٧) للمناطق التي تمتد باتجاه شمال-جنوب.

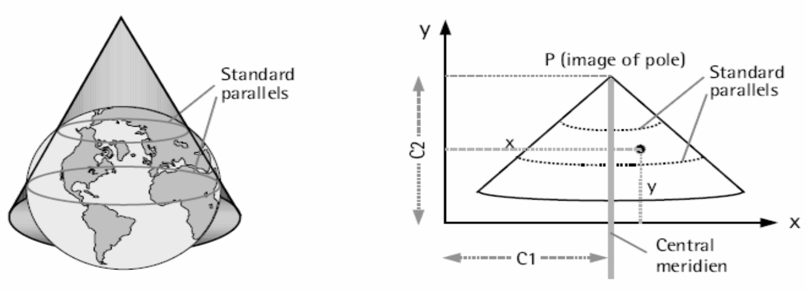


شكل (٤-١٨) مسقط ساينسويدال متساوي المساحات

مسقط لامبرت المخروطي المتماثل Lambert Conformal Conic Projection:

يستخدم هذا المسقط المخروط (وليس الاسطوانة مثل المساقط السابقة) وفيه تكون المساحات و الأشكال متماثلة عند دائرتي العرض القياسيتين Standard Parallels ويزداد التشوه كلما ابتعدنا عنهما ، كما تكون الاتجاهات صحيحة في مناطق محدودة. وهذا المسقط مستخدم في أمريكا الشمالية (شكل ٤-١٨).

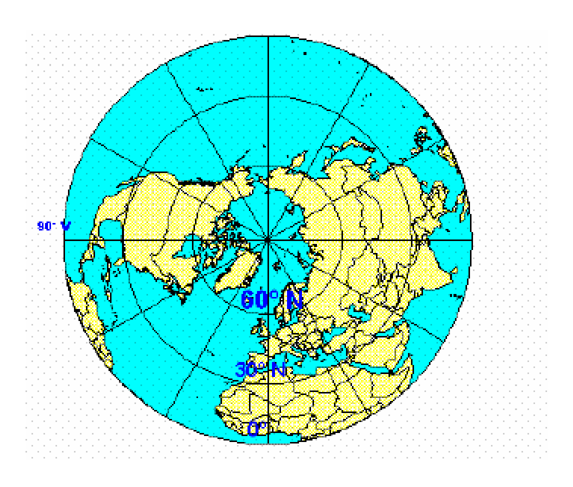




شكل (٤-١٩) مسقط لامبرت المخروطي المتماثل

مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات Lambert Azimuthal Equal-Area Projection:

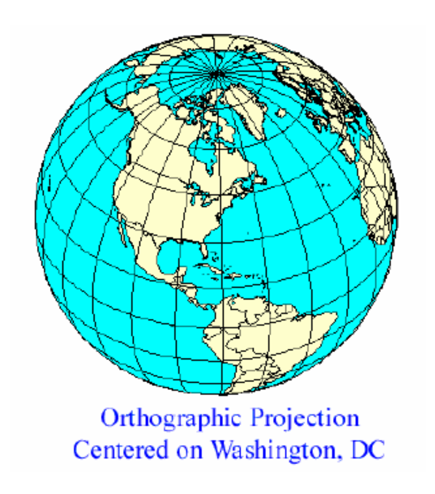
يستخدم هذا المسقط المستوي (وليس الاسطوانة أو المخروط) غالبا لرسم مناطق واسعة من المحيطات. وفيه يكون خط الطول المركزي خطا مستقيما بينما تكون باقي خطوط الطول منحنية (شكل ٤-١٩).



شكل (٤-٢٠) مسقط لامبرت السمتي متساوي المساحات

المسقط الارثوجرافي أو المتعامد Orthographic Projection:

مسقط سمتي أيضا (أي يستخدم المستوي في الإسقاط) يستخدم غالبا لإظهار صورة عامة أو منظور لنصف الكرة الأرضية (شكل ٤-٢٠). وبه يوجد تشوه لكلا من المساحات و الأشكال وتكون المسافات صحيحة علي دائرة الاستواء ودوائر العرض الأخرى.



Orthographic Projection
Centered on Washington, DC

شكل (٤-٢١) المسقط المتعامد أو الارثوجرافي

٤-٤ بعض نظم الإحداثيات المستوية أو المسقطة

الإحداثيات المسقطة Projected Coordinates هي الإحداثيات المستوية ثنائية الأبعاد 2D الناشئة عن تطبيق احدي طرق إسقاط الخرائط ، أي هي إحداثيات أي نقطة علي الخريطة وليس علي سطح الأرض. وغالبا يرمز لها بالاحداثي الشرقي Easting أو اختصارا E و الاحداثي الشمالي Northing أو اختصارا N (البعض يقع في غلطة و يستخدم الرمزين x, y الذين أصبح استخدامهما متعارفا عليه بصورة شائعة للدلالة علي الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية X, Y, Z). وحيث أن طرق إسقاط الخرائط متعددة بصورة كبيرة جدا فسنستعرض هنا مثالين فقط لنظم إحداثيات مسقطة للتعرف علي كيفية التعامل مع هذه النظم و العناصر المطلوب معرفتها في كل نظام منهما. والمثالين هما نظام الإحداثيات المصرية كأحد نظم الإحداثيات الوطنية لدولة عربية ، ونظام UTM العالمي المستخدم أيضا في بعض البلاد العربية مثل المملكة العربية السعودية.

٤-٤-١ نظم الإحداثيات المصرية

(أ) نظام الإحداثيات المصرية ETM

نظام إحداثيات الخرائط المصرية Egyptian Transverse Mercator أو اختصارا ETM هو نظام إسقاط ميريكاتور مستعرض. وحتى يمكن تقليل التشوه في الخرائط فقد تم تقسيم جمهورية مصر العربية إلي أربعة مناطق أو شرائح Zones وتسمي عاده باسم أحزمة Belts (٣ أحزمة). في هذا النظام تم اعتماد المرجع الجيوديسي Geodetic Datum المستخدم في خرائط الهيئة المصرية العامة للمساحة هو الاليبسويد هلمرت ١٩٠٦ Helmert 1906 (شكل ٤-٢١).

توجد عدة عناصر يجب تعريفها لكل شريحة من شرائح مسقط ميريكاتور المستعرض ، وهذه العناصر تختلف قيمها من دولة لأخرى حتى لو استخدمت الدولتان نفس المسقط. هذه العناصر الخمسة (تسمي معاملات الإسقاط Projection Parameters) تشمل:

- موقع نقطة الأصل للإسقاط Origin والذي يحدد من خلال قيمتين: خط الطول المركزي Central Meridian ودائرة العرض القياسية Standard Parallel.
- لتفادي وجود إحداثيات سالبة (غير مستحبة في الخرائط) فيتم إعطاء قيم إحداثيات مفترضة أو زائفة لنقطة الأصل بدلا من إعطائها الإحداثيات صفر شرقا و صفر شمالا، وذلك عن طريق تحديد عنصرين آخرين هما: الاحداثي الشرقي الزائف False Easting والاحداثي الشمالي الزائف False Northing.
- العنصر الخامس - من معاملات الإسقاط - المطلوب تحديده هو قيمة معامل مقياس الرسم عند خط الطول المركزي.

إن معادلات حساب الإحداثيات المسقطة ذاتها (أي معادلات تحويل الإحداثيات الجغرافية أو الجيوديسية إلي إحداثيات الخريطة) معروفة للجميع وأصبحت مبرمجه داخل كل برامج الحاسب الآلي software الخاصة بتطبيقات المساحة و الخرائط و نظم المعلومات الجغرافية. إلا أن المهم في حالة استخدام أي برنامج هو تحديد معاملات الإسقاط الخمسة المطلوبة لهذا النوع من الإسقاط ، فربما نجد بعض البرامج لا تحتوي داخل قواعد بياناتها إسقاط خاص بدولة معينة

لكنها تسمح بإنشاء مسقط جديد داخل البرنامج إذا حددنا قيم عناصره الخمسة. بمعني آخر: من الممكن أن نجد برنامج كمبيوتر لا يحتوي علي نظام الإسقاط المصري لكنه يسمح بإنشاء مسقط من نوع ميريكاتور المستعرض إذا قمنا بتحديد قيم العناصر الخمسة المستخدمة في الخرائط المصرية. وتجدر الإشارة إلي أن عناصر الإسقاط لأي دولة لا يمكن استنباطها أو محاولة حسابها لان هذه العناصر افتراضية ومن اختيار الجهة المسئولة عن الخرائط في هذه الدولة ، لأن وللأسف الشديد ما زالت بعض الدول العربية تعتبر قيم عناصر الإسقاط لها من الأسرار التي لا يجوز نشرها!. تجدر الإشارة إلي أنه في بعض برامج الكمبيوتر software يسمي هذا النظام Old Egyptian Datum 1907 أو اختصارا باسم OED 1907. يتميز هذا النظام بقيم عناصر الإسقاط تخص مصر. وتتغير قيم هذه العناصر مع كل حزام (منطقة) من الخرائط المصرية كالآتي:

١- الحزام الأحمر Red Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الوسطي من مصر (وادي النيل) وذلك من خط طول ٢٩ شرقا إلي خط طول ٣٣ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 615 000 m
الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 810 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

Latitude = 30^{o} 0' 0" دائرة العرض

Longitude = 31^{o} 0' 0" خط الطول

Scale on central Meridian = 1.00 معامل مقياس الرسم

Zone width = 4^{o} 0' 0" عرض المنطقة

٢- الحزام الأزرق Blue Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الشرقية من مصر وذلك من خط طول ٣٣ شرقا إلي خط طول ٣٧ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 300 000 m الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 110 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

Latitude = 30^{o} 0' 0" دائرة العرض

Longitude = 35^{o} 0' 0" خط الطول

Scale on central Meridian = 1.00 معامل مقياس الرسم

Zone width = 4^{o} 0' 0" عرض المنطقة

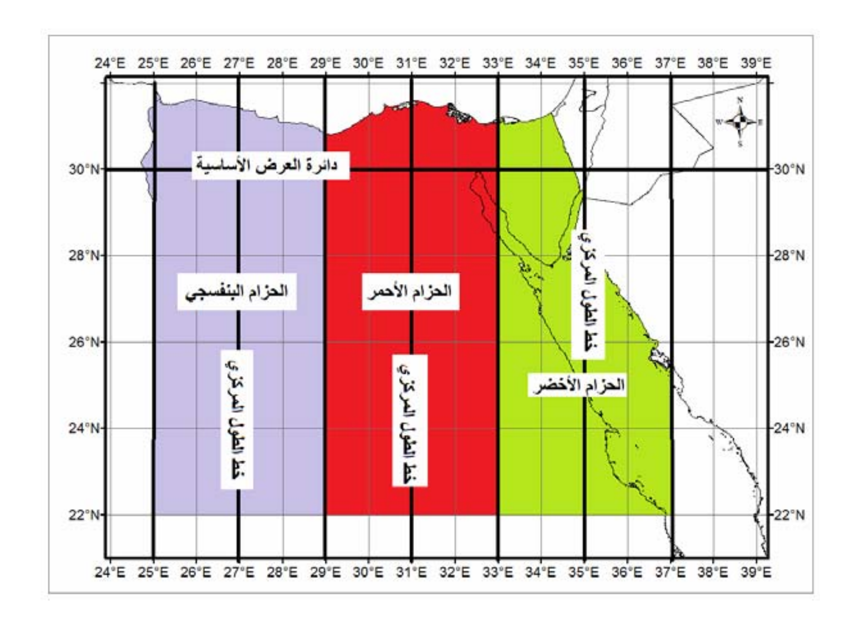
٣- الحزام البنفسجي Purple Belt:

يغطي هذا الحزام المنطقة الغربية في مصر وذلك من خط طول ٢٥ شرقا إلي خط طول ٢٩ شرقا. وتكون قيم عناصر نظام ETM في هذا الحزام هي:

False Easting = 700 000 m الاحداثي الشرقي المفترض

False Northing = 200 000 m الاحداثي الشمالي المفترض

دائرة العرض	Latitude = 30^{o} 0' 0"
خط الطول	Longitude = 27^{o} 0' 0"
معامل مقياس الرسم	Scale on central Meridian = 1.00
عرض المنطقة	Zone width = 4^{o} 0' 0"



شكل (٤-٢٢) شرائح نظام الإسقاط المصري ETM

تجدر الإشارة إلي وجود شريحة رابعة ثانوية تسمي امتداد الحزام الأحمر Extended Red Belt تغطي المنطقة جنوب مدينة أسوان. أتضح أن قيمة الاحداثي الشمالي المفترض (٨١٠ كيلومتر) لشريحة الحزام الأحمر سيتسبب في وجود إحداثيات شمالية سالبة في هذه المنطقة الجنوبية من الأراضي المصرية (أعتقد أنه لم يكن متخيلا منذ مائة عام أن تتم أي مشروعات مساحية أو إنتاج خرائط لهذه المنطقة أقصي جنوب مصر ولذلك تم اختيار قيمة ٨١٠ كيلومتر و هي تقريبا المسافة من القاهرة إلي أسوان!). وفي هذه الشريحة الرابعة يتم تغيير قيمة الاحداثي الشمالي المفترض من ٨١٠،٠٠٠ متر إلي ١,٠٠٠،٠٠٠ متر.

<u>(ب) نظام الإحداثيات المصرية المطورة MTM</u>

نظرا لانتشار استخدام تقنية GPS في الأعمال المساحية في مصر فقد أعلنت الهيئة المصرية العامة للمساحة منذ عدة أعوام عن تطوير نظام جديد للإحداثيات المستخدمة في الخرائط المصرية وعرف هذا النظام باسم: نظام ميريكاتور المستعرض المعدل Modified Transverse Macerator أو اختصارا باسم MTM (نفس النظام مطبق في بعض أجزاء من كندا أيضا). لم يتم التحول لهذا النظام بصورة رسمية بعد ، إلا أن خرائط بعض المشروعات الجديدة قد تم تطويرها اعتمادا عليه. وسيعتمد نظام MTM علي المرجع الجيوديسي أو الييسويد WGS84 وليس الييسويد هلمرت ١٩٠٦ كالنظام السابق.

مثل النظام السابق سيكون نظام MTM مستخدما لنوع إسقاط الخرائط من نوع ميريكاتور المستعرض ، لكن سيتم تقسيم مصر إلي ٥ شرائح (وليس ٣ فقط في النظام السابق) لتقليل قيمة التشوه إلي أقل ما يمكن للوصول لدقة عالية للخرائط.

توجد عدة عناصر مشتركة بين الشرائح الخمسة كالآتي:

الاحداثي الشرقي المفترض	False Easting = 300 000 m
الاحداثي الشمالي المفترض	False Northing = 0 m
دائرة العرض	Latitude = 0^o 0' 0"
معامل مقياس الرسم	Scale on central Meridian = 0.9999
عرض المنطقة	Zone width = 3^o 0' 0"

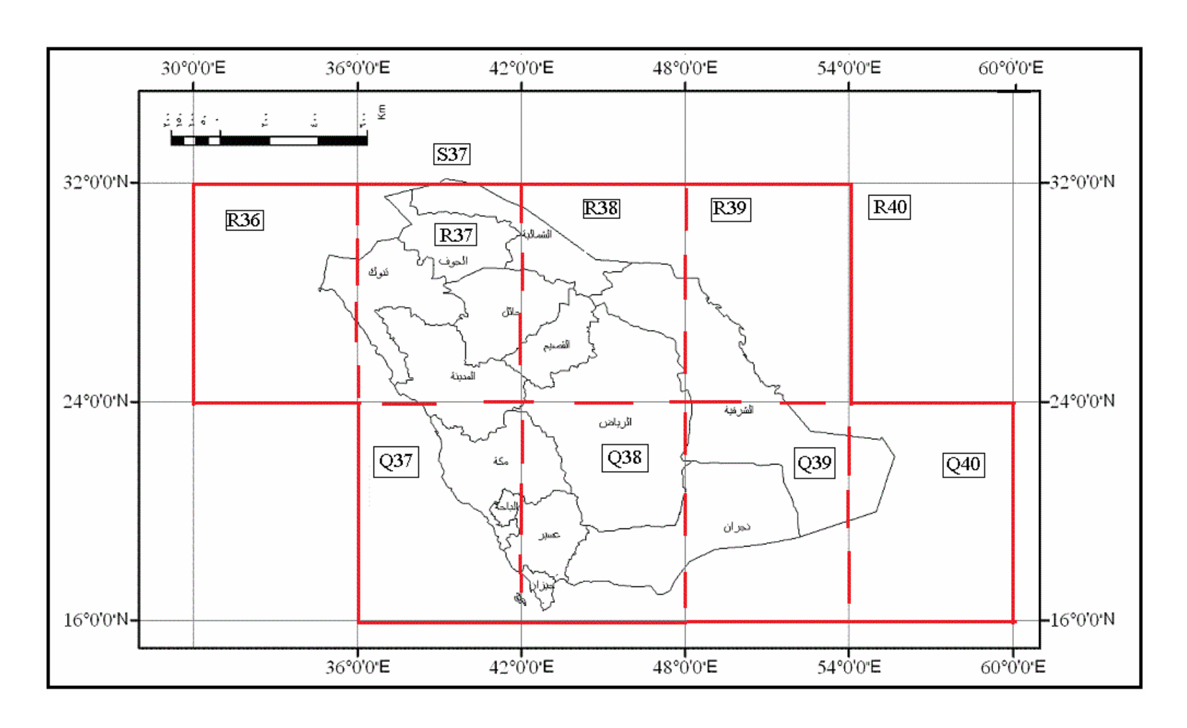
والقيمة الوحيدة التي تتغير من شريحة لآخري هي خط الطول كالآتي:

الشريحة رقم ١	Longitude = 25^o 30' 0"
الشريحة رقم ٢	Longitude = 28^o 30' 0"
الشريحة رقم ٣	Longitude = 31^o 30' 0"
الشريحة رقم ٤	Longitude = 34^o 30' 0"
الشريحة رقم ٥	Longitude = 37^o 30' 0"

٤-٤-٢ نظم إحداثيات UTM في المملكة العربية السعودية

إضافة لما سبق ذكره في الأجزاء السابقة عن خصائص مسقط UTM فنضيف أيضا أنه لعدم وجود أي إحداثيات سالبة (الوضع غير المستحب في المساحة و الخرائط) فقد تم الأخذ بمبدأ المركز الزائف أو المفترض False Origin. في كل شريحة من شرائح مسقط UTM تقاس الإحداثيات الشرقية من خط الطول المركزي والذي يعطي له إحداثيات شرقية زائفة تساوي ٥٠٠ كيلومتر ، بينما تقاس الإحداثيات الشمالية مباشرة من دائرة الاستواء. وهذا الوضع يجعل من المهم جدا في أي خريطة UTM أن نعرف رقم الشريحة التي تعتمد عليها إحداثيات هذه الخريطة (حيث أن قيم الإحداثيات الشرقية ستتكرر من خريطة لآخري تقع معها علي نفس الامتداد من خطوط الطول).

تعد المملكة العربية السعودية من الدول التي تعتمد في خرائطها علي نظام UTM ، وقد اعتمدت الاليبسويد العالمي لعام ١٩٢٤ International Ellipsoid 1924 (حيث نصف المحور الأكبر = ٦٣٧٨٣٨٨ متر و التفلطح 1/f = ٢٩٧) كسطح مرجعي في مرجعها الجيوديسي الوطني المسمي عين العبد ١٩٧٠. وفي معظم برامج الكمبيوتر فمن الممكن الاكتفاء بتحديد رقم الشريحة (لمنطقة معينة) ويقوم البرنامج باستخدام معاملات و معادلات تحويل مسقط UTM المناسبة لهذه المنطقة ليتم تحويل الإحداثيات الجيوديسية أو الجغرافية إلي الإحداثيات المسقطة أو المستوية ، ويقدم شكل (٤-٢٢) أرقام الشرائح التي تغطي المناطق الإدارية للمملكة.

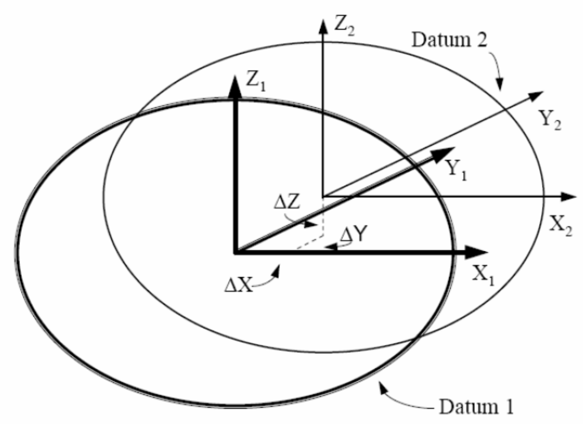


شكل (٤-٢٣) شرائح مسقط UTM للمملكة العربية السعودية

٤-٥ التحويل بين المراجع الجيوديسية

إن تحويل الإحداثيات بين المراجع الجيوديسية المختلفة أصبح حلقة مهمة من حلقات العمل الجيوديسي في الآونة الأخيرة. فمع ازدياد التعاون التنموي و المشروعات المشتركة بين الدول المتجاورة ومع اختلاف المرجع الجيوديسي المستخدم في خرائط و قاعدة البيانات الجيوديسية لكل دولة ، أصبح لزاما توحيد الإحداثيات و الخرائط في مناطق الحدود ليمكن تنفيذ هذه المشروعات المدنية (مثل مد خطوط الكهرباء أو أنابيب نقل البترول أو إقامة الطرق). أيضا ومع انتشار تطبيقات التقنيات المساحية الحديثة (مثل الجي بي أس) ازدادت أهمية عملية التحويل بين المراجع. فكمثال: تعطي تقنية الجي بي أس إحداثيات النقاط المرصودة علي المجسم العالمي أو اليبسويد WGS84 فإذا أردنا توقيع هذه المواقع المرفوعة علي خرائط احدي الدول (التي تعتمد علي اليبسويد آخر أو مرجع جيوديسي محلي) فلا بد من تحويل هذه الإحداثيات من اليبسويد WGS84 إلي هذا الاليبسويد المحلي ، وإلا فأننا سنرتكب أخطاء قد تصل إلي مئات الأمتار عند توقيع هذه الإحداثيات دون تحويلها. إن عملية التحويل (أي تحويل الإحداثيات) بين المراجع Datum Shift ليست جديدة في العمل الجيوديسي لكنها قد تمت دراستها منذ قرنين أو أكثر ، وقد تم ابتكار العديد من الحلول الرياضية لتنفيذها. وفي العقدين الأخيرين ظهرت طرق رياضية جديدة ربما تكون أكثر دقة من الطرق التقليدية القديمة.

لنبدأ بمثال توضيحي بسيط في حالة التحويل بين نظامي إحداثيات مختلفين لكنهما متوازيين. لاحظ أننا سنتعامل هنا مع نوع الإحداثيات الجيوديسية الكارتيزية (X,Y,Z) حيث أنها كإحداثيات طولية متعامدة ستكون أسهل من الإحداثيات الجغرافية (ϕ,λ,h).



شكل (٤-٢٤) التحويل بين مرجعين متوازيين

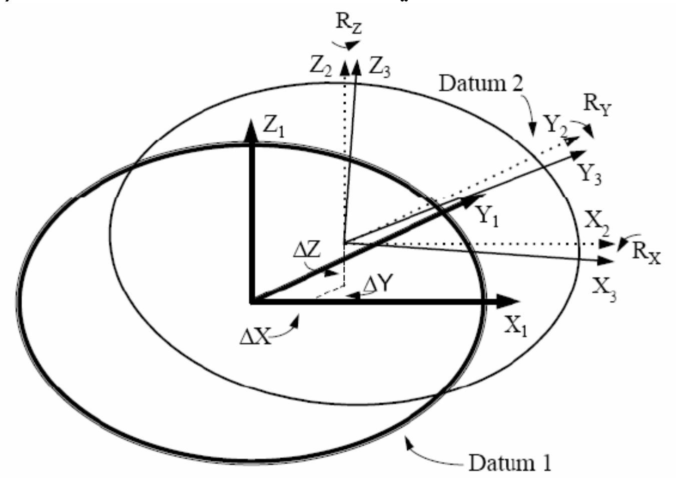
حيث أن محاور كلا نظامي الإحداثيات في كلا المرجعين متوازية فأن العلاقة بين المرجعين تتحدد بمعرفة موقع مركز المرجع الأول بالنسبة لموقع مركز المرجع الثاني ، أي تحديد فرق الإحداثيات بين موقع (أو إحداثيات) النقطة علي المرجع الأول وموقعها أو إحداثياتها علي المرجع الثاني. وهذا الفرق يتحدد من خلال ثلاثة مركبات ΔX, ΔY, ΔZ (ينطق الحرف اللاتيني Δ دلتا) والتي تسمي عناصر النقل Translation Parameters:

$$\Delta X = X2 - X1$$
$$\Delta Y = Y2 - Y1 \qquad (4\text{-}10)$$
$$\Delta Z = Z2 - Z1$$

فإذا علمنا إحداثيات نقطة واحدة علي المرجع الأول (X1,Y1,Z1) وإحداثياتها علي المرجع الثاني (X2,Y2,Z2) فيمكننا حساب فرق الإحداثيات باستخدام المعادلة السابقة. فإذا كان لدينا نقطة جديدة معلوم إحداثياتها علي المرجع الأول (X,Y,Z) فيمكن تحويلها إلي المرجع الثاني (X',Y',Z') بكل سهولة:

$$X' = X + \Delta X$$
$$Y' = Y + \Delta Y \qquad (4\text{-}11)$$
$$Z' = Z + \Delta Z$$

أي أن كل ما نحتاج إليه في هذه الحالة (الفرض بأن المرجعين متوازيي المحاور) هو معرفة إحداثيات نقطة واحدة علي الأقل في كلا النظامين. لكن الحالة العامة للعلاقة بين أي مرجعين أو الييسويدين أن وضعهما لن يكون متوازي المحاور، بل أن محاور أحدهما ستكون مائلة علي محاور الآخر. كما أن حجم الاليبسويد الأول ليس بالضرورة أن يكون مساويا لحجم الاليبسويد الثاني. وبالتالي فبدلا من وجود ثلاثة عناصر فقط مطلوب تحديدهم (ΔX, ΔY, ΔZ) كما في الحالة البسيطة السابقة فسينتج لدينا ٤ عناصر أخري: ثلاثة لتحديد فروق الميل بين المحاور الثلاثة في كل مرجع وتسمي عناصر الدوران Rotation Parameters ، بالإضافة لعنصر يحدد فرق الحجم بين كلا المرجعين ويسمي معامل القياس scale factor (شكل ٤-٢٤).



شكل (٤-٢٥) التحويل بين أي مرجعين

وكما نري في هذا الشكل سنجد أن العناصر الجديدة المطلوبة هي:

- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري X في كلا المرجعين ، ونرمز لها Rx
- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري Y في كلا المرجعين ، ونرمز لها Ry
- زاوية الدوران (أو الفرق) بين محوري Z في كلا المرجعين ، ونرمز لها Rz
- بالإضافة للعنصر الرابع scale factor الذي يحدد فرق معامل القياس بين كلا المرجعين ونرمز له عادة بالرمز s.

أي أننا لتحديد العلاقة الفراغية (المكانية) بين أي مرجعين في الحالة العامة يلزمنا تحديد ٧ عناصر (ΔX, ΔY, ΔZ, Rx, Ry, Rz, s) وهي ما نطلق عليها اسم عناصر التحويل Transformation Parameters بين المراجع الجيوديسية. وفي هذه الحالة لا يمكننا

الاعتماد علي توافر نقطة واحدة فقط معلومة (كما في الحالية البسيطة السابقة) لكن يلزمنا وجود ٣ نقاط – علي الأقل – معلوم إحداثياتهم في كلا المرجعين. فإذا كان لدينا معلومات لأكثر من ٣ نقاط زادت دقة الحل المطلوب لتحديد عناصر التحويل السبعة ، كما أن دقة تحديد العناصر تعتمد علي دقة إحداثيات النقاط المعلومة في كلا المرجعين. وهذين السببين وراء وجود أكثر من مجموعة منشورة و معلنة من عناصر التحويل بين مرجعين محددين ، فمعادلات التحويل ثابتة لكن عدد و جودة البيانات المستخدمة في الحساب ستؤدي لقيم متفاوتة لعناصر التحويل بين نفس المرجعين.

توجد العديد من قيم عناصر التحويل المعلنة أو المنشورة وخاصة مع انتشار تطبيقات تقنية الجي بي أس التي تعتمد إحداثياتها علي المجسم العالمي WGS84. يقدم الجدول التالي قيم عناصر التحويل من بعض المراجع الوطنية في الدول العربية إلي مرجع WGS84 كما نشرتها هيئة المساحة العسكرية الأمريكية:

عناصر التحويل بين المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 والمراجع الجيوديسية المحلية (من هيئة المساحة العسكرية الأمريكية)

الدولة	المرجع الوطني	الاليبسويد	عدد النقاط المستخدمة	عناصر التحويل (بالمتر)		
				D X	D Y	D Z
السودان	Adindan	Clark 1880	٢٢	١٦٦- (٥)	١٥- (٥)	٢٠٤ (٣)
تونس	Carthage	Clark 1880	٥	٢٦٣- (٦)	٦ (٩)	٤٣١ (٨)
	European 1950	International 1924	٤	١١٢- (٢٥)	٧٧- (٢٥)	١٤٥- (٢٥)
المغرب	Merchich	Clark 1880	٩	٣١ (٥)	١٤٦ (٣)	٤٧ (٣)
الجزائر	North Sahara 1959	Clark 1880	٣	١٨٦- (٢٥)	٩٣- (٢٥)	٣١٠ (٢٥)
	Voirol 1960	Clark 1880	٢	١٢٣- (٢٥)	٢٠٦- (٢٥)	٢١٩ (٢٥)
مصر	Old Egyptian 1906	Helmert 1906	١٤	١٣٠- (٣)	١١٠ (٦)	١٣- (٨)
البحرين	Ain El Abd 1970	International 1924	٢	١٥٠- (٢٥)	٢٥٠- (٢٥)	١- (٢٥)
السعودية	Ain El Abd 1970	International 1924	٩	١٤٣- (١٠)	٢٣٦- (١٠)	٧ (١٠)
الإمارات	Nahrwan	Clark 1880	٢	٢٤٩- (٢٥)	١٥٦- (٢٥)	٣٨١ (٢٥)
عمان	Nahrwan	Clark 1880	٢	٢٤٧- (٢٥)	١٤٨- (٢٥)	٣٦٩ (٢٥)
	Oman	Clark 1880	٧	٣٤٦- (٣)	١- (٣)	٢٢٤ (٩)
قطر	Qatar National	International 1924	٣	١٢٨- (٢٠)	٢٨٣- (٢٠)	٢٢ (٢٠)
العراق والكويت و الأردن و ولبنان و سوريا	European 1950	International 1924	؟	١٠٣-	١٠٦-	١٤١-
تونس و الجزائر	Voirol 1874	Clark 1880	؟	٧٣-	٢٤٧-	٢٢٧

<u>لكن يجب مراعاة الملاحظات التالية علي قيم هذا الجدول:</u>

١. قيم العناصر المذكورة هي للتحويل من المرجع المحلي إلي مرجع WGS84 وللتحويل من WGS84 إلي المرجع المحلي يجب عكس جميع الإشارات الجبرية (موجب بدلا من سالب و العكس).
٢. القيم المذكورة لثلاثة عناصر فقط (وليس سبعة) وبالتالي فهي أقل دقة.
٣. الجدول يوضح أيضا عدد نقاط الثوابت المساحية التي تم استخدامها في حساب هذه العناصر لكل مرجع محلي.
٤. العدد المذكور بين القوسين هو مؤشر للدقة المتوقعة لقيمة كل عنصر من عناصر التحويل.
٥. القيم في آخر سطرين من الجدول تم حسابها بطرق أخري بخلاف رصد نقاط ثوابت مساحية وبالتالي فأن قيم الدقة المتوقعة غير متاحة.

منذ سنوات عديدة يقوم الباحثون الجيوديسيون في كل دولة بحساب قيم عناصر التحويل كلما توفرت لديهم بيانات نقاط جيوديسية معلوم إحداثياتها في كلا المرجعين (المحلي و WGS84). وتختلف دقة عناصر التحويل من دراسة لآخري طبقا لعدد النقاط المعلومة و توزيعها ودقة إحداثياتها المستخدمة في حساب عناصر التحويل ، وذلك بهدف الوصول لأدق قيم لهذه العناصر مما يسهل عملية تحويل إحداثيات الجي بي أس إلي المراجع الوطنية المستخدمة في إنتاج الخرائط لكل دولة. علي سبيل المثال توجد العديد من قيم عناصر التحويل المنشورة في جمهورية مصر العربية منهم العناصر التالية للتحويل من WGS84 إلي هلمرت ١٩٠٦ (من حسابات الدكتورة دلال النجار و الدكتور جمعة داود في عام ٢٠٠٠م):

$\Delta X = 123.842 \pm 0.96$ m
$\Delta Y = -114.878 \pm 0.96$ m
$\Delta Z = 9.590 \pm 0.96$ m
$Rx = -1.35314 \pm 0.17$ "
$Ry = -1.67408 \pm 0.35$ "
$Rz = 5.24269 \pm 0.30$ "
$s = -5.466 \pm 0.78$ ppm (part per million)

كما توجد قيم أخري نشرت حديثا (للتحويل من هلمرت ١٩٠٦ إلي WGS84) وتتكون من (من حسابات الدكاترة أحمد شاكر و عبد الله سعد و مني سعد وعمرو حنفي في عام ٢٠٠٧م والمنشورة بمؤتمر FIG):

$\Delta X = -88.832 \pm 0.02$ m
$\Delta Y = 186.714 \pm 0.03$ m
$\Delta Z = 151.82 \pm 0.01$ m
$Rx = -1.305 \pm 2.21$ "
$Ry = 11.216 \pm 1.57$ "
$Rz = -6.413 \pm 1.84$ "
$s = -6.413 \pm 1.84$ ppm (part per million)

أيضا توجد قيم منشورة لعناصر التحويل في السودان (للتحويل من الليبسويد Adindan إلي WGS84) باستخدام نموذج مولودينسكي وتتكون من (http://www.ses-sudan.org/english/SESpublications/ses_jour/47/1523GozouliSESformat2.pdf):

$\Delta X = -146.0 \pm 0.89$ m
$\Delta Y = -33.5 \pm 0.89$ m
$\Delta Z = 205,3 \pm 89$ m
Rx = -1.64 ± 1.87 "
Ry = 2.18 ± 1.87 "
Rz = -14.8 ± 2.6 "
s = -1.34 ± 1.35 ppm (part per million)

أما في المملكة العربية السعودية (وتحديدا مكة المكرمة) فأن عناصر التحويل من WGS1984 إلي مرجع عين العبد ١٩٧٠ - باستخدام نموذج مولودينسكي - فتتكون من (من حسابات الدكاترة جمعة داود و معراج مرزا و خالد الغامدي بمؤتمر FIG في عام ٢٠١١م) :

Xo = 4559545.892 m
Yo = 3808252.221 m
Zo = 2314350.329 m
$\Delta X = 41.650$ m
$\Delta Y = 286.321$ m
$\Delta Z = 89.132$ m
Rx = -1.91577 "
Ry = 10.28662 "
Rz = -14.08571 "
s = -7.1256 ppm (part per million)

أيضا توجد بعض المحاولات العلمية لتبسيط حسابات تحويل الإحداثيات من نظام إحداثيات و مرجع جيوديسي إلي نظام و مرجع آخر، فبعض التطبيقات الخرائطية و عمليات تجميع البيانات لا تحتاج للدقة العالية التي توفرها المعادلات السابقة. في مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية – علي سبيل المثال – قامت أمانة المدينة باستنباط معادلتين بسيطتين لتحويل الإحداثيات من نظام UTM الشريحة Q37 علي المرجع الجيوديسي العالمي WGS84 (مرجع قياسات تقنية GPS) إلي نظام إحداثيات خرائط الأمانة:

$س_٢ = س_١ -$ ١٩٦.٥٦٠ متر

$ص_٢ = ص_١ -$ ٩٨.١٧٨ متر

حيث:

$س_٢$: الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام إحداثيات خرائط أمانة جدة.

ص$_{٢}$: الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في نظام إحداثيات خرائط أمانة جدة.
س$_{١}$: الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام UTM علي المرجع العالمي WGS84.
ص$_{١}$: الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في UTM علي المرجع العالمي WGS84.

كما توجد معادلات مماثلة قام باستنباطها مجموعة من الباحثين بجامعة أم القرى (معراج مرزا و جمعة داود و خالد الغامدي) لتحويل الإحداثيات الجغرافية من نظام UTM بالشريحة Q37 علي المرجع العالمي WGS84 إلي نظام UTM علي المرجع السعودي المحلي (عين العبد ١٩٧٠) لمدينة مكة المكرمة:

س$_{٢}$ = س$_{١}$ - ١٩٩.٢٢٤ متر

ص$_{٢}$ = ص$_{١}$ – ١١٢.٣٦٣ متر

حيث:

س$_{٢}$: الاحداثي الشرقي X - بالمتر – في نظام UTM علي المرجع المحلي عين العبد.
ص$_{٢}$: الاحداثي الشمالي Y - بالمتر – في نظام UTM علي المرجع المحلي عين العبد.
س$_{١}$: الاحداثي الشرقي X - بالمتر - في نظام UTM علي المرجع العالمي WGS84.
ص$_{١}$: الاحداثي الشمالي Y - بالمتر - في UTM علي المرجع العالمي WGS84.

أما في مصر فقد قام الباحثين (دلال النجار و جمعة داود) بحساب معادلات مبسطة لتحويل الإحداثيات الجغرافية – خط الطول و دائرة العرض – من المرجع العالمي WGS84 إلي المرجع المحلي المصري (هلمرت ١٩٠٦) كالتالي:

$$\phi_{OED} = \phi_{84} + \Delta\phi$$

$$\lambda_{OED} = \lambda_{84} + \Delta\lambda$$

$$\Delta\phi'' = -320.474 + 30.6751\,\phi_{84} + 3.0402\,\lambda_{84} - 1.7380\,\phi^2_{84} + 0.0436\,\phi^3_{84} - 0.0004\,\phi^4_{84} - 0.1056\,\lambda^2_{84} + 0.0012\,\lambda^3_{84}$$

$$\Delta\lambda'' = 4357.7294 - 734.6377\,\lambda_{84} + 49.4639\,\lambda^2_{84} - 0.1705\,\phi_{84} - 1.6600\,\lambda^3_{84} + 0.0278\,\lambda^4_{84} + 0.0037\,\phi^2_{84} - 0.0002\,\lambda^5_{84}$$

حيث:

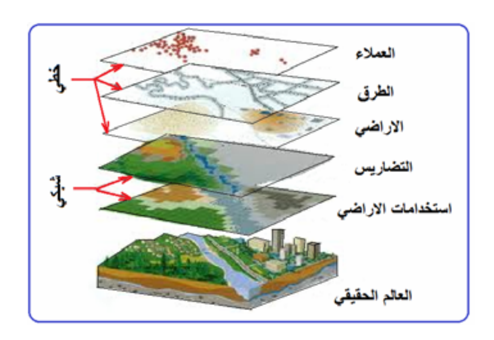
ϕ_{OED} دائرة العرض علي المرجع المصري المحلي (هلمرت ١٩٠٦)
λ_{OED} خط الطول علي المرجع المصري المحلي (هلمرت ١٩٠٦)
ϕ_{84} دائرة العرض علي المرجع العالمي WGS84
λ_{84} خط الطول علي المرجع العالمي WGS84

الفصل الخامس

ملفات بيئة نظم المعلومات الجغرافية

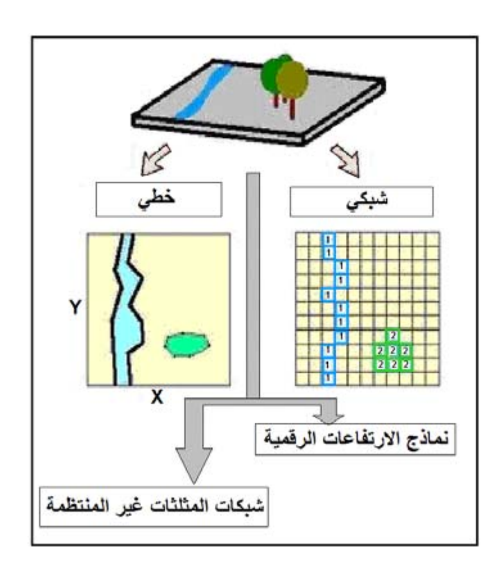
٥-١ مقدمة

تقوم نظم المعلومات الجغرافية بتمثيل الظاهرات الموجودة في بقعة معينة من سطح الأرض من خلال عدة ملفات أو ما يعرف باسم الطبقات Layers. تكون كل طبقة ممثلة لنوع محدد من الظاهرات الجغرافية، فعلي سبيل المثال عند تمثيل حي من أحياء مدينة معينة فأننا نقوم برسم الشوارع في طبقة و المباني السكنية في طبقة ثانية و الأشجار في طبقة ثالثة .... الخ ، فإذا قمنا بعرض كل هذه الطبقات علي الشاشة في نفس الوقت فأننا نحصل علي تمثيل للواقع الحقيقي الموجود في هذه المنطقة.



شكل (٥-١) مفهوم الطبقات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

يتم تمثيل البيانات من خلال نموذجين رئيسين: (١) البيانات الخطية أو الاتجاهية Vector Data، (٢) البيانات الشبكية أو الخلوية Raster Data. كما يوجد نموذجين آخرين (فرعيين) لتمثيل البيانات ثلاثية الأبعاد وهما نماذج الارتفاعات الرقمية DEM و الشبكات المثلثية غير المنتظمة TIN.

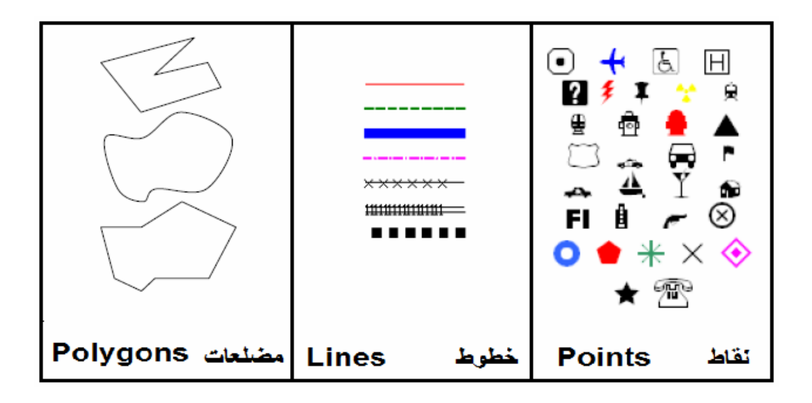


شكل (٥-٢) طرق تمثيل البيانات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

٥-٢ الطبقات Vector Shapefile

نموذج البيانات الخطية Vector هو تمثيل كافة ظاهرات طبقة من خلال سلسلة متتابعة من الإحداثيات كما في الخريطة الورقية. فالنقطة عبارة عن إحداثيين س،ص لموقع محدد وليس لها مساحة أو بعد، بينما الخط عبارة عن سلسلة من النقاط المحددة الإحداثيات وله بعد (طول) وليس له مساحة، بينما المضلع عبارة عن ظاهرة معينة تنتشر في مساحة محددة ويحيط بها خط. وبالتالي فأن نموذج البيانات الخطية يتكون من ثلاثة أنواع من طرق تمثيل الظاهرات إما في نقطة Point أو خط Line or Arc أو مضلع Polygon. قد تختلف طريقة تمثيل نفس الظاهرة بناءا علي مقياس الرسم المستخدم وحدود المنطقة الممثلة في الطبقة ، فعلي سبيل المثال فأن كل حي في مدينة معينة سيتم تمثيله كمضلع عند رسم طبقة لتفاصيل هذه المدينة بينما سيتم رسم المدينة كلها كنقطة عند تمثيل الدولة ككل في طبقة.

يتميز نموذج البيانات الخطية بالعديد من المميزات أهمها: (١) الدقة في تمثيل مواقع الظاهرات، (٢) حجم تمثيل البيانات لا يتطلب مساحة تخزين كبيرة في الحاسوب سواء في الذاكرة RAM أو القرص الصلب Hard Disk، (٣) سهولة إجراء العمليات الحسابية مثل الطول و المساحة و المحيط، (٤) إمكانية تصحيح المعلومات التي تم إدخالها أولا بأول. لكنه – في المقابل – يعاني من عيبين أساسين وهما انه يتطلب جهدا ووقتا كبيرا في إدخال البيانات كما انه يتطلب خبرة جيدة ودقة عالية لمدخل البيانات ذاته. ومع ذلك فأن نموذج البيانات الخطية هو الأكثر استخداما في الخرائط الرقمية وخاصة في التطبيقات المساحية و الهندسية بصفة عامة.



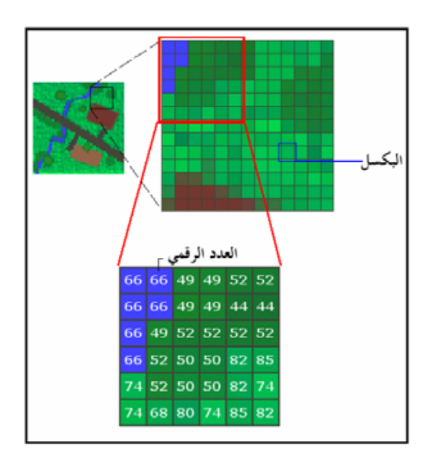
شكل (٥-٣) النموذج الخطي لتمثيل البيانات

٥-٣ الملفات الشبكية Raster

يعتمد نموذج البيانات الشبكية Raster علي فكرة وجود شبكة من المربعات موضوعة علي خريطة ، فإذا انطبق احد المربعات علي نوع معين من الظاهرات فسيحمل هذا المربع رقما يماثل في قيمته كافة نظائره من المربعات التي انطبقت علي نفس الظاهرة. إما إذا انطبق احد مربعات الشبكة علي ظاهرة ثانية في الخريطة فسيحمل هذا المربع رقما ثانيا (مختلفا عن رقم الظاهرة الأولي). وهذه الفكرة تماثل مبدأ التصوير الفوتوغرافي حيث تتكون الصورة من عدد هائل من المربعات متناهية الصغر وتأخذ المربعات لون محدد لتمثيل كل ظاهرة وبالتالي تختلف ألوان الصورة طبقا لاختلاف المظاهر الممثلة عليها. كما سبق الذكر (في الصور الجوية والمرئيات الفضائية) فأن حدود المربع الواحد (أو الخلية pixel) في ملف البيانات الشبكية تحدد

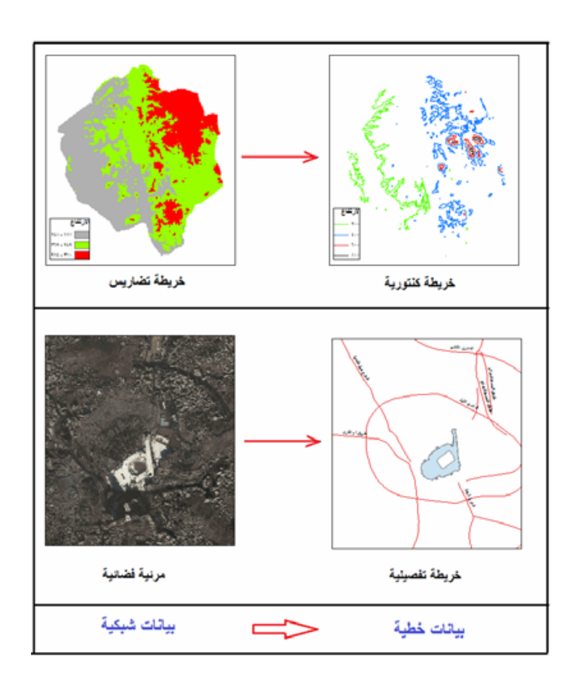
دقة الوضوح المكاني أو القدرة التميزية resolution لهذا الملف، فكلما صغر حجم المربع زادت قدرة الوضوح وزادت قدرة تمثيل الظاهرات.

يتميز النموذج الشبكي بقدرته علي تمثيل الظاهرات المستمرة وسرعة إدخال البيانات إلي نظام المعلومات الجغرافية، بينما تتمثل أهم عيوب هذا النموذج في انه يتطلب سعة تخزينية كبيرة وأيضا دقته البسيطة نسبيا في التمثيل المكاني إذ أنها تعتمد علي أبعاد المربع أو الخلية pixel كمل أن قدرته علي التحليل المكاني أقل من النموذج الخطي. يستخدم النموذج الشبكي في الصور الجوية و المرئيات الفضائية بصفة عامة وكذلك في الماسحات الضوئية البسيطة scanners.



شكل (٥-٤) النموذج الشبكي لتمثيل البيانات

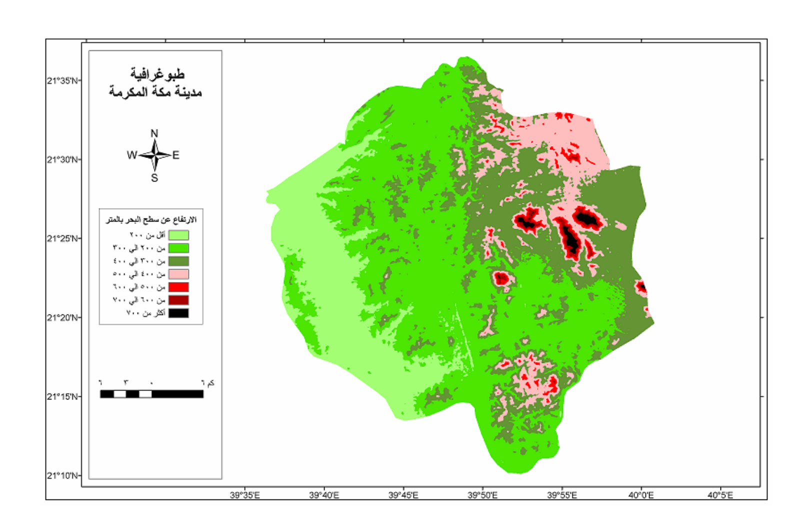
يمكن تحويل النموذج الشبكي إلي نموذج خطي من خلال عملية vectorization والبرامج المتخصصة في ذلك مثل برنامج (R2V) Raster to Vector وكذلك عملية الترقيم من الشاشة On-Screen Digitizing.



شكل (٥-٥) التحويل بين أنواع البيانات

٥-٤ نماذج الارتفاعات الرقمية DEM

نموذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Model أو اختصارا DEM هو ملف رقمي يحتوي بيانات الارتفاع (المنسوب) لمنطقة جغرافية محددة. قد يكون نموذج الارتفاعات الرقمية في صورة خطية Vector (مجموعة من السطور يتكون كل سطر من الإحداثيات الثلاثة س،ص،ع لنقطة) أو قد يكون في صورة شبكية Raster لتمثيل تضاريس أو طبوغرافية سطح الأرض في المنطقة.



شكل (٥-٦) تضاريس مدينة مكة المكرمة من نموذج ارتفاعات رقمية

يمكن الحصول علي نموذج ارتفاعات رقمية بطرق متعددة أو من خلال عدة مصادر للبيانات Input منهم علي سبيل المثال:

أ- قياسات المساحة الأرضية بأجهزة الميزان أو المحطة الشاملة Total Station أو أجهزة النظام العالمي لتحديد المواقع GPS ثم نستخدم أحد برامج الكمبيوتر لإنشاء نموذج الارتفاعات الرقمية لمنطقة الدراسة.
ب- من الخرائط الكنتورية (بعد ترقيمها علي الحاسب الآلي).
ت- من الصور الجوية Aerial Photographs.
ث- من مرئيات الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد Remote-Sensing Images.
ج- من نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية المجانية.

النوع الأخير هو أكثر أنواع نماذج الارتفاعات الرقمية شيوعا و استخداما في السنوات القليلة الماضية لعدة أسباب: (١) سهولة الحصول عليه (من شبكة الانترنت)، (٢) مجانية الحصول عليه، (٣) أنها نماذج عالمية تغطي كافة أرجاء اليابسة علي سطح الأرض. و هناك عدة نماذج ارتفاعات رقمية عالمية متاحة مجانا ومنها علي سبيل المثال:

- نموذج GLOBE:
http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/globe.html
- نموذج ETOPO2:
http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/06mgg01.html
- نموذج ASTER:

http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/

- نموذج SRTM:

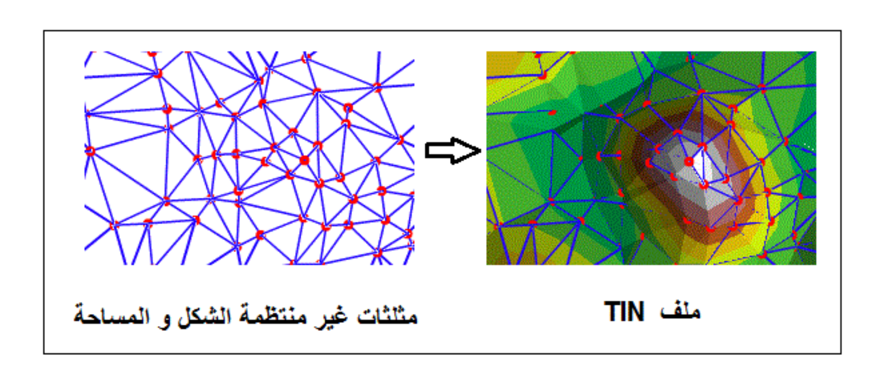
http://srtm.usgs.gov/

يعد نموذجي الارتفاعات الرقمية SRTM ,Aster من أكثر النماذج استخداما حول العالم وخاصة من حيث قدرة التمييز المكاني Spatial resolution. نموذج SRTM من تطوير كلا من هيئة المساحة العسكرية الأمريكية ووكالة الفضاء الأمريكية ويوجد منه ٣ مستويات من الوضوح المكاني (أو قدرة التمييز المكاني): SRTM30 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ٣٠ ثانية من خطوط الطول و دوائر العرض (أي حوالي ٩٠٠ متر)، SRTM3 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ٣ ثانية (أي حوالي ٩٠ متر)، SRTM1 حيث طول الخلية الواحدة pixel يبلغ ١ ثانية (أي حوالي ٣٠ متر). كلا النموذجين SRTM30, SRTM3 متاحين مجانا علي الانترنت، بينما النموذج الثالث SRTM1 متاح فقط لمنطقة شمال أمريكا (الولايات المتحدة الأمريكية و كندا فقط). أما نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي Aster فهو من تطوير كلا من وزارة الصناعة اليابانية ووكالة الفضاء الأمريكية، وله مستوي واحد من قدرة التمييز المكانية والذي يبلغ ٣ ثانية أي ٩٠ متر. تعد قدرة التمييز المكاني من العناصر الأساسية لأي نموذج ارتفاعات رقمي حيث أنها تعبر عن قدرة النموذج في تمثيل تضاريس سطح الأرض. إن طول الخلية pixel يعبر عن طول و عرض أصغر منطقة يمكن تمييز قيمة منسوب الأرض عندها، أي أن قيمة المنسوب تكون واحدة (كقيمة متوسطة) لهذه الخلية و لا يمكن معرفة أية تفاصيل طبوغرافية داخل هذه الخلية.

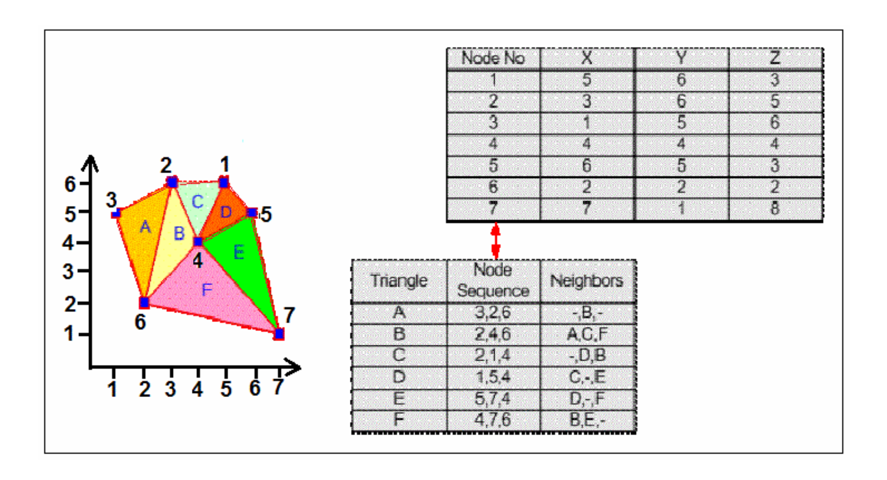
يمكن استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية لإنتاج الخرائط الكنتورية لأي منطقة في العالم وذلك لسهولة و مجانية تحميل النموذج من الانترنت في لحظات. لكن السؤال الأهم هنا هو: ما دقة بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية؟ وهل تصلح هذه النماذج لإنتاج الخرائط الكنتورية بأي مقياس رسم؟. الموقع الرسمي لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) يحدد دقة نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي SRTM بقيمة تتراوح بين ± ٦ – ١٠ متر علي المستوي العالمي، و دقة نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي Aster بقيمة تتراوح بين ± ٧ – ١٤ متر علي المستوي العالمي. أي أن قيمة منسوب أي نقطة مستنبطة من نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM تحتمل خطأ متوقع قيمته تتراوح بين ٦ و ١٠ أمتار، بينما قيمة منسوب أي نقطة مستنبطة من نموذج الارتفاعات الرقمية Aster تحتمل خطأ متوقع قيمته تتراوح بين ٧ و ١٤ متر. أجريت حديثا دراسة في مدينة مكة المكرمة (للمؤلف مع كلا من د. خالد الغامدي و د. معراج مرزا) أثبتت أن دقة نموذج SRTM3 تبلغ ± ٥.٨٥ متر بينما دقة نموذج Aster تبلغ ± ٨.٦٦ متر في مدينة مكة المكرمة. فإذا عدنا للجزء ٧-١-٢ من هذا الفصل سنجد أن هذه الدقة الرأسية تناسب فقط الخرائط الكنتورية التي بها الفترة الكنتورية تساوي أو أكبر من ١٠ متر وهي الخرائط الجغرافية (أو الخرائط العامة) ذات مقياس الرسم الصغير بدءا من مقياس رسم ١ : ١٠٠،٠٠٠. وبالتالي فأن هذه النماذج لا تناسب مواصفات إنتاج الخرائط الكنتورية التفصيلية صغيرة أو متوسطة مقياس الرسم. تجدر الإشارة لوجود نماذج ارتفاعات رقمية وطنية تقوم بتطويرها الجهات الحكومية المسئولة عن تطوير الخرائط في كل دولة. فعلي سبيل المثال يوجد في المملكة العربية السعودية نموذج ارتفاعات رقمية يتميز بقدرة تمييز مكاني تبلغ ٥ متر فقط ودقة رأسية تبلغ ± ٣ أمتار، وبالتالي فأنه يناسب إنتاج الخرائط ذات الفترة الكنتورية ٥ متر (مقياس رسم ١ : ٥٠،٠٠٠).

٥-٥ الشبكات المثلثية غير المنتظمة TIN

تعد الشبكات المثلثية غير المنتظمة Triangular Irregular Networks (أو اختصارا TIN) أحد طرق تمثيل البيانات ثلاثية الأبعاد في نظم المعلومات الجغرافية، وان كان استخدام هذه الطريقة أصبح الآن أقل شيوعا من طريقة الملفات الشبكية raster. يعتمد مفهوم إنشاء TIN علي تحديد مواقع النقاط و قيمة البيانات غير المكانية (اللازمة لإنشاء السطح ثلاثي الأبعاد) ثم التوصيل بينها بخطوط ستمثل فيما بينها مثلث يمكن حساب الارتفاع في أي نقطة عليه، ومنها سينتج مجموعة أو شبكة من المثلثات غير المنتظمة (في المساحة و الحجم) تكون فيما بينها شبكة المثلثات أو TIN. في طبيعة الأمر فأن TIN ربما لا تعد نموذجا مستقلا من طرق تمثيل البيانات حيث أنها في طبيعتها تتكون من النموذج الخطي في التمثيل (نقاط و خطوط و مضلعات) إلا أن طريقة تخزين بيانات TIN تختلف قليلا عن طريقة تمثيل البيانات الخطية العادية، أي أنها تمثيل شبه خطي للبيانات vector-based.



شكل (٥-٧) طبيعة المثلثات غير المنتظمة



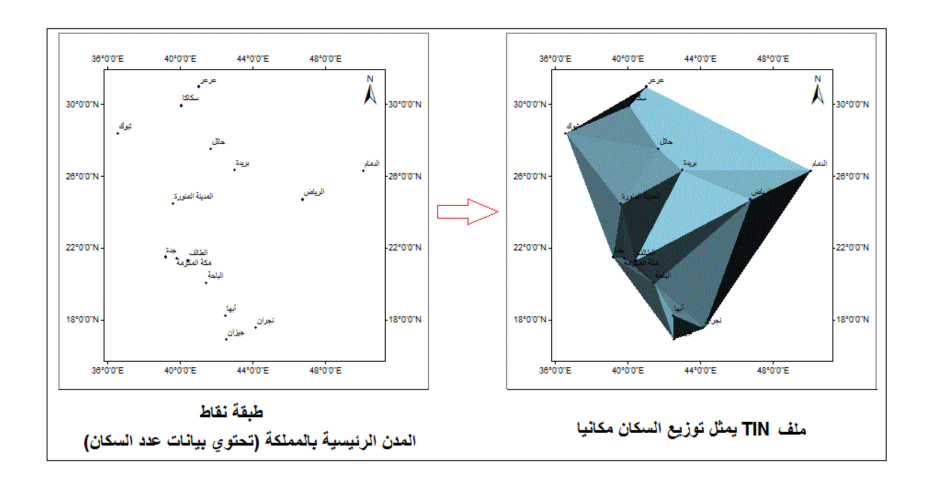
Node No	X	Y	Z
1	5	6	3
2	3	6	5
3	1	5	6
4	4	4	4
5	6	5	3
6	2	2	2
7	7	1	8

Triangle	Node Sequence	Neighbors
A	3,2,6	-,B,-
B	2,4,6	A,C,F
C	2,1,4	-,D,B
D	1,5,4	C,-,E
E	5,7,4	D,-,F
F	4,7,6	B,E,-

شكل (٥-٨) مثال توضيحي لإنشاء المثلثات غير المنتظمة
(نقلا عن عبده ٢٠٠٥)

يمكن تطوير ملفات TIN من طبقات النقاط أو الخطوط أو المضلعات. فعلي سبيل المثال يمكن تحويل ملف نقاط - يحتوي في قاعدة بياناته غير المكانية Attribute Table علي قيم ارتفاع كل نقطة – إلي ملف TIN يمثل طبوغرافية سطح الأرض. أيضا يمكن استخدام أي نوع من البيانات غير المكانية لتمثيل السطح، فمثلا يمكن إنتاج TIN يمثل توزيع درجات الحرارة أو

أعماق المياه الجوفية .... الخ. أيضا يمكن تحويل طبقة خطوط (تحتوي قيم البعد الثالث المطلوب لرسم السطح ثلاثي الأبعاد، سواء كان المنسوب أو أي قيمة أخري) إلي ملف TIN.

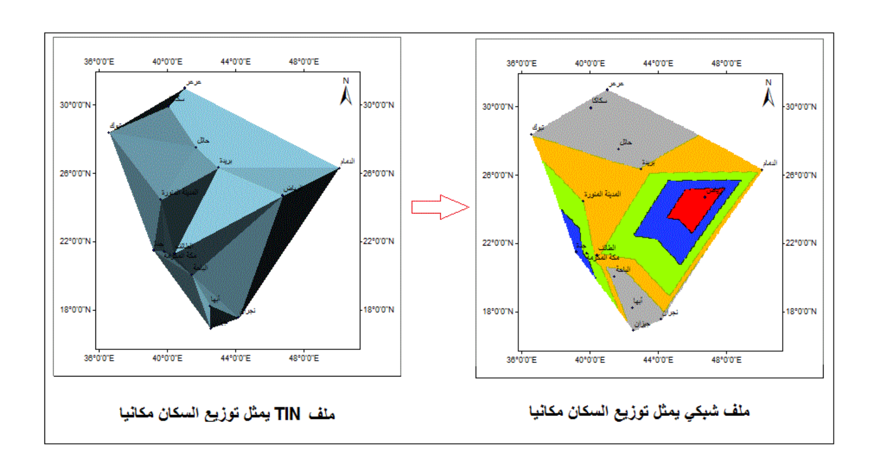


شكل (٥-٩) تطوير ملف TIN من طبقة نقاط

تتميز طريقة تمثيل البيانات باستخدام نموذج TIN بأنها تتطلب مساحة تخزين (علي القرص الصلب للحاسوب) أقل بكثير من تلك التي تتطلبها طريقة الملفات الشبكية raster، ولذلك فهي مفضلة لتمثيل السطوح في مناطق شاسعة.

تستخدم ملفات الشبكات المثلثية غير المنتظمة في عمليات التحليل المكاني ثلاثي الأبعاد مثل تحويل TIN إلي خطوط تساوي (أو خطوط كنتور في حالة الارتفاعات) وأيضا حساب الانحدارات و الميول وتطوير المجسمات لمنطقة الدراسة.

يمكن تحويل الملفات الشبكية إلي ملفات TIN والعكس.



شكل (٥-١٠) تحويل TIN إلي الصورة الشبكية



الجزء الثاني: تطبيقات عملية

Arc GIS 9.3

ملفات التدريبات العملية للكتاب متوافرة في عدد من المواقع على الانترنت:

https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

وأيضا في:

http://www.academia.edu/2001862/Training_Data_of_My_Spatial_Analysis_Book

وأيضا في:

http://www.4shared.com/rar/WyRvUPj6/Dawod_SA_Training.html

الفصل السادس

التحليل المكاني وغير المكاني لخصائص الطبقات

٦-١ مقدمة

تتكون أولي خطوات التحليل لأي طبقة من حساب خصائصها المكانية (مساحات المضلعات و أطوال الخطوط .... الخ). لكن هذه التحليلات المكانية تتطلب معرفة المرجع الجغرافي (أو الجيوديسي) Datum المبني عليه الطبقة و أيضا نوع إحداثيات الطبقة Coordinate System إن كانت إحداثيات جغرافية أم إحداثيات مترية وأي نوع من هذه الإحداثيات أو ما يطلق عليه مسقط الطبقة Map Projection. فان لم يتم تعريف هذه الخصائص لبرنامج Arc GIS فأن ما يقوم به من حسابات لخصائص الطبقة المكانية لن يكون دقيقا، أو بمعني آخر لن يكون هو ما نريده من قيم. علي سبيل المثال إذا كان لدينا طبقة تمثل الطرق في منطقة مكة المكرمة الإدارية ثم قمنا بحساب طول الطريق من مدينة مكة المكرمة إلي مدينة جدة وكانت النتيجة = ٠.٦٥ ، لكننا نعرف في الواقع أن هذا الطريق يبلغ طوله ٧٠ كيلومترا تقريبا. فأين الخطأ في القيمة الناتجة من حسابات Arc GIS؟ الإجابة ببساطة تتمثل في نوع إحداثيات الطبقة التي استخدمناها، فربما تكون إحداثياتها من النوع الجغرافي (خطوط الطول و دوائر العرض) وبالتالي فأن نتائج حسابات البرنامج ستكون بالدرجات و ليس بالكيلومتر. وهذا هو موضوع الفصل الحالي من الكتاب. أيضا سنتناول التحليل غير المكاني لخصائص البيانات غير المكانية attribute table للطبقات.

تجدر الإشارة إلي ما سبق أن تعرضنا له في كتاب "المدخل إلي الخرائط الرقمية" من أنه من أهم النقاط الخطيرة التي يجب علي المستخدم أن يعرفها عن برنامج Arc GIS أنه لا يدعم اللغة العربية بنسبة ١٠٠%، لذلك هناك ٤ مواضع من الأفضل فيها عدم استخدام الأحرف العربية علي الإطلاق (وإلا من الممكن أن يتعرض الملف لعدم إمكانية فتحه مرة أخري حتى لو بعد أسابيع أو شهور وبذلك نفقد كل ما به من معلومات !) وهي:

١. أسم المشروع
٢. أسم الطبقة
٣. أسم العمود في قاعدة البيانات
٤. أيضا من المستحسن: أسم المجلد الذي بداخله الملفات.

أما بخلاف هذه المواضع الأربعة فيمكن استخدام الأحرف العربية بأمان داخل برنامج **Arc GIS 9.3** (الإصدار المستخدم في هذا الكتاب) فيمكننا – علي سبيل المثال - كتابة عنوان الخريطة بالأحرف العربية وكذلك أسماء المعالم الجغرافية بالخريطة ... الخ.

أيضا يجب علي المستخدم مراعاة أن أسماء الطبقات و أسماء الأعمدة داخل قاعدة البيانات غير المكانية Attribute Table يجب ألا تزيد عن ١٣ خانه كما يجب ألا تحتوي خاناتها علي أي مسافة فارغة (يمكن استخدام علامة underscore "_" بدلا منها) أو أي علامة من العلامات الخاصة (جميع الخانات حروف و أرقام فقط).

٦-٢ ملفات التدريب الحالي

في التمارين التالية سنقوم باستخدام ٣ طبقات: طبقة مضلعات تمثل حدود محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية و طبقة خطوط تمثل الطرق الرئيسية في المنطقة و طبقة نقاط تمثل مطارات المنطقة. بالطبع فأن بيانات هذه الطبقات غير دقيقة (ولا يمكن الاعتماد عليها كبيانات جغرافية حقيقية) فالهدف منها هو التدريب فقط. الطبقات الثلاثة موجودة في المجلد الذي يحتوي كافة التدريبات العملية للكتاب في:

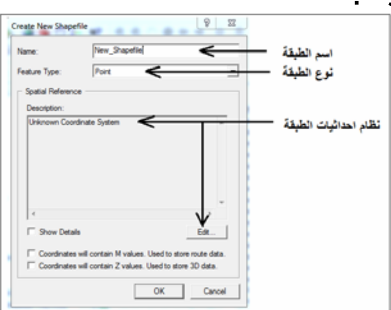
https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

و اسم الملف المضغوط المطلوب لبيانات الفصل السادس هو: Ch_6.RAR

٦-٣ تعريف و تغيير نظام إحداثيات الطبقات

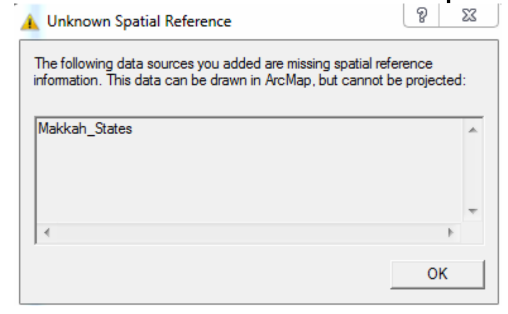
٦-٣-١ تعريف نظام الإحداثيات

سبق أن شرحنا في الكتاب السابق (المدخل إلي الخرائط الرقمية) أن إنشاء طبقة جديدة باستخدام برنامج Arc Catalogue يتطلب تحديد ٣ عناصر: اسم الطبقة، نوع الطبقة، المرجع الجغرافي و نظام إحداثيات الطبقة:

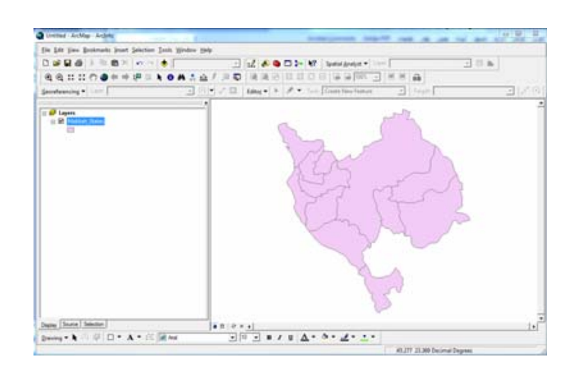


لكن ماذا لو لم يقم المستخدم بتحديد نظام لإحداثيات الطبقة عند إنشاؤها؟ أو ماذا لو حصلنا علي طبقة – من مصدر بيانات خارجي – ولم يكن لها نظام إحداثيات محدد؟

سنقوم بفتح مشروع جديد في برنامج Arc Map وباستخدام أمر إضافة بيانات Add Data سنقوم باستدعاء طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية Makkah_States فنجد رسالة تحذيرية (لاحظ أيقونة التحذير الصفراء) تفيدنا بأن هذه الطبقة لها مرجع مكاني مجهول Unknown Spatial Reference:

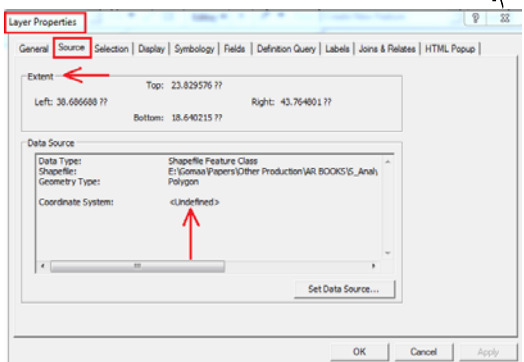


سنوافق علي قبول هذا التحذير بالضغط علي OK (مؤقتا) ليتم إضافة الطبقة للمشروع:



لنحاول التعرف – أكثر – علي خصائص هذه الطبقة نضغط دوبل كليك علي أسمها في قائمة المحتويات (الجزء الأيمن من شاشة البرنامج) لفتح نافذة خصائص الطبقة Layer Properties ومن أيقونة المصدر Source نجد أن:

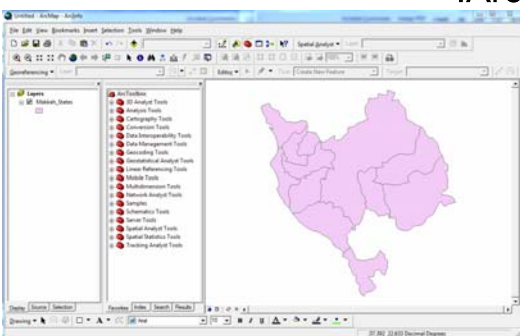
- نظام الإحداثيات Coordinate Systems غير معلوم Undefined
- امتداد الطبقة Extent يتراوح بين ٢٣.٨٦ للحد العلوي Top و ١٨.٥٥ للحد السفلي Bottom و ٣٨.٦٨ للحد الأيسر Left و ٤٣.٦٩ للحد الأيمن Right، كما نلاحظ وجود علامة استفهام ؟ بجوار هذه الحدود الأربعة، بمعني أن البرنامج لا يعرف وحدات هذه الأرقام:



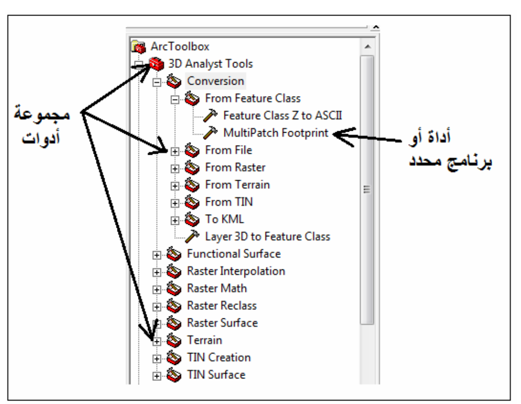
من هذه الأرقام يمكننا استنتاج أنها إحداثيات جغرافية (خطوط طول و دوائر عرض) وليست إحداثيات مترية. لكن علي أي مرجع أو اليبسويد؟ للإجابة علي هذا السؤال يجب أن يكون لدينا الخريطة الأصلية التي تم منها ترقيم – رسم – هذه الطبقة، حيث سيكون مكتوبا عليها المرجع الجغرافي لها فهو من أساسيات الخريطة (كما سبق الشرح في كتاب المدخل إلي الخرائط الرقمية). لكن بما أننا لا نمتلك هذه الخريطة الأصلية الآن فمن الممكن أن نفترض (وهو افتراض منطقي) أن الخريطة كانت مبنية علي المرجع الوطني السعودي: عين العبد ١٩٧٠. وسنبدأ خطوات تحديد المرجع لهذه الطبقة في برنامج Arc GIS:

في هذه المرحلة من التعامل مع برنامج Arc GIS سنبدأ في التعامل مع الجزء الثالث من البرنامج (بخلاف الجزء الأول Arc Map والجزء الثاني Arc Catalogue) وهو ما يسمي ببرنامج صندوق الأدوات Arc Toolbox. هذا البرنامج – كما هو واضح من اسمه – هو الذي يحتوي بعض الأدوات التي تستخدم في التعامل المتقدم مع الطبقات و الصور الشبكية وإجراء التحليلات المكانية عليها.

يمكن فتح برنامج Arc Toolbox من خلال أيقونته الموجودة في شريط الأدوات الرئيسي في برنامج Arc Map (وأيضا في برنامج Arc Catalogue). بالضغط علي هذه الأيقونة نجد الشاشة قد أضيف إليها جزء ثالث – بخلاف قائمة المحتويات و نافذة عرض البيانات – و هو برنامج Arc Toolbox:



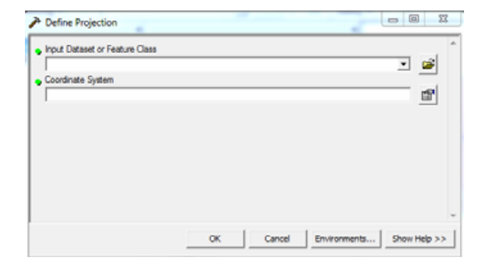
ينقسم برنامج صندوق الأدوات إلي مجموعات (كلا منها له رمز) وبجواره علامة +. فإذا ضغطنا علي أي مجموعة سنري ما بها من مكونات والتي قد تكون مجموعات فرعية أو أدوات لها رمز :



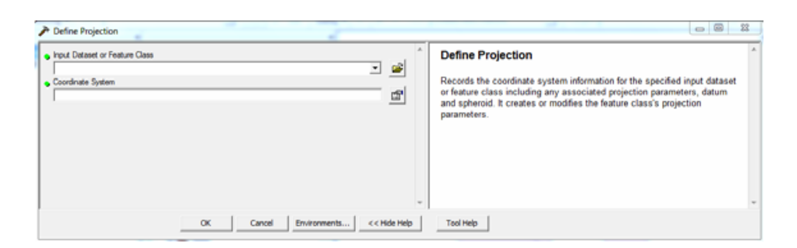
أول أداة سنستخدمها الآن من صندوق الأدوات Arc Toolbox هي أداة تحديد المرجع Define Projection وهي موجودة في مجموعة الأدوات الفرعية أدوات الإسقاط و التحويل Projections and Transformations من مجموعة أدوات إدارة البيانات Data Management Tools:



تهدف أداة تحديد المرجع Define Projection إلي تحديد (أو تعريف) المرجع الجغرافي لطبقة vector وأيضا لصورة raster. نضغط عليها دوبل كليك للتنفيذ:

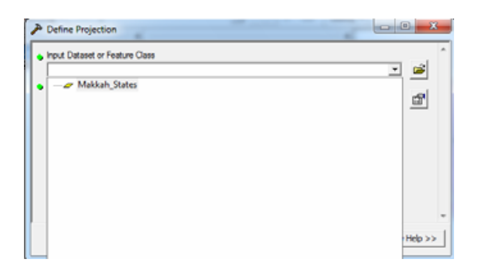


يتيح برنامج Arc Toolbox شرحا بسيطا و سريعا لوظيفة الأداة و كيفية تنفيذها وذلك بالضغط علي أيقونة عرض المساعدة Show Help الموجودة أسفل النافذة:

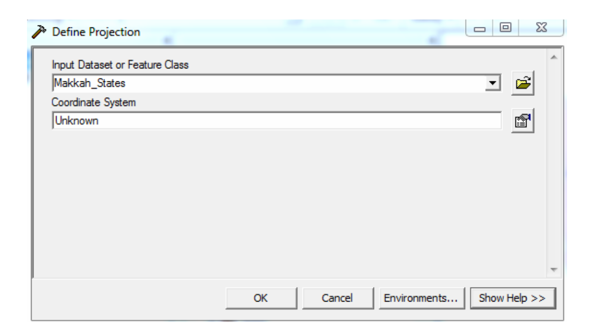


فان لم نكن نريد عرض هذا الشرح فنضغط الآن أيقونة إخفاء المساعدة Hide Help.

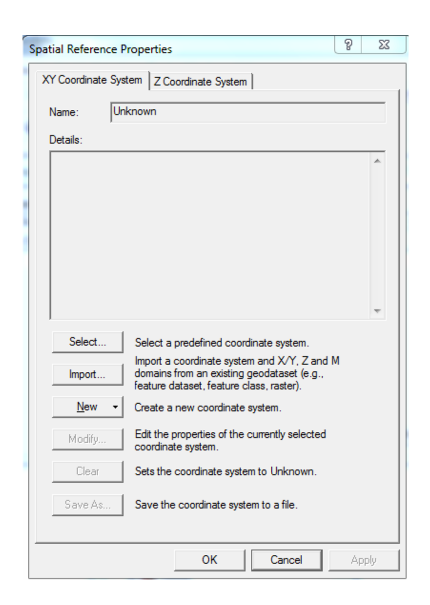
في السطر الأول Input Dataset or Feature Class سنحدد اسم الطبقة المدخلة، أي الطبقة التي نريد تحديد مرجعها الجغرافي. نضغط علي السهم الصغير لتحديد الطبقة المطلوبة من قائمة طبقات المشروع الحالي (أو نضغط أيقونة المجلد 📂 لتحديد الطبقة إن لم تكن بالفعل في المشروع الحالي)، ونختار طبقة محافظات مكة المكرمة Makkah_States:



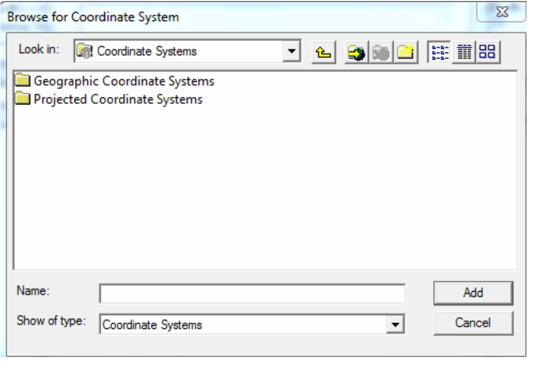
بمجرد اختيار الطبقة نجد أن البرنامج قد استنتج أنها بدون نظام إحداثيات محدد ومن ثم فقد أظهر في السطر الثاني Coordinate System كلمة "مجهول" Unknown:



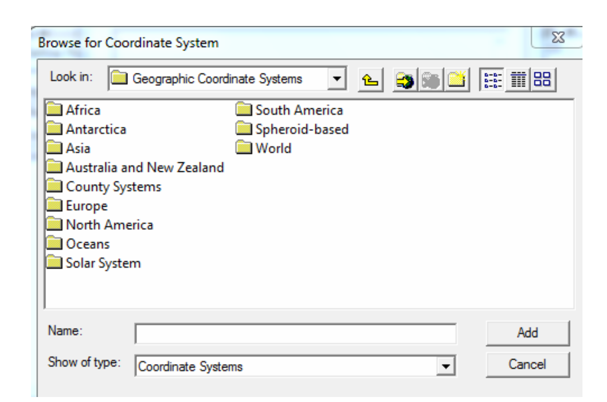
سنبدأ في تعريف نظام إحداثيات الطبقة من خلال الضغط علي أيقونة الموجودة علي يمين السطر الثاني. تظهر نافذة جديدة وسنختار منها أيقونة الاختيار Select:



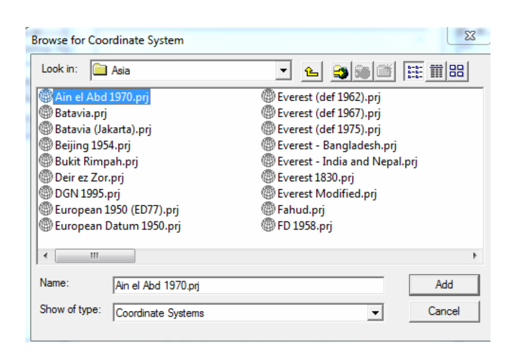
في النافذة الجديدة سنجد اختيارين: نظم الإحداثيات الجغرافية Geographic Coordinate Systems و نظم الإحداثيات المسقطة (أو المترية) Projected Coordinate Systems.



في المثال الحالي نحن نريد تعريف إحداثيات جغرافية للطبقة الحالية ولذلك سندخل في القائمة الأولي، فنجد عدة مجلدات فرعية لكل نظم الإحداثيات الجغرافية (أو بمعني أدق المراجع الجغرافية Datums) المستخدمة في كل دول العالم. نجد القائمة مقسمة إلي مجلدات لكل منطقة أو قارة في العالم، سندخل الآن إلي مجلد قارة آسيا Asia:

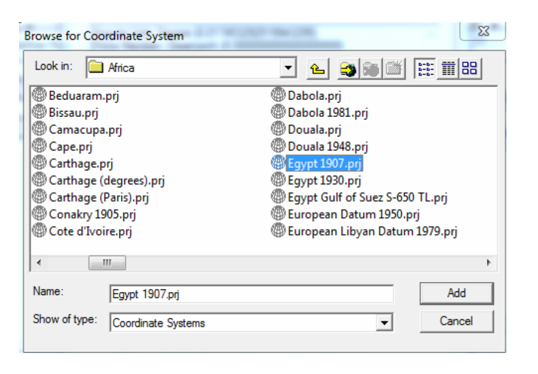


سنجد الآن كافة أسماء المراجع الجغرافية (الاليبسويد) المستخدمة في خرائط كل دول قارة آسيا وهي مرتبة أبجديا، وسنجد أن أول مرجع منهم هو: عين العبد ١٩٧٠ Ain el Abd 1970.prj وهو المرجع الجغرافي الوطني للمملكة العربية السعودية:

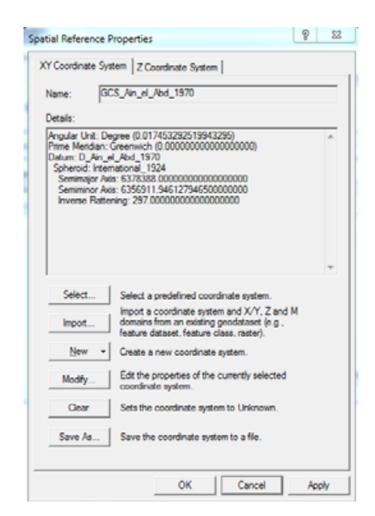


<u>ملحوظة **خارج** التمرين الحالي:</u>

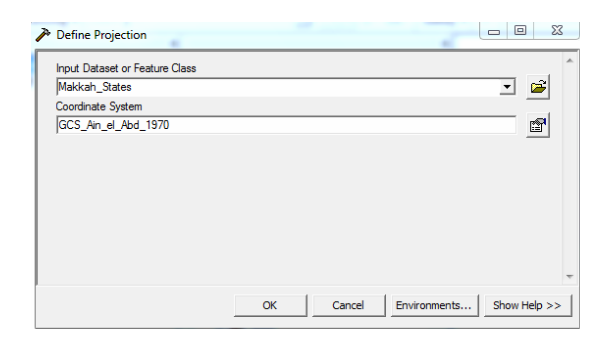
لجمهورية مصر العربية سندخل مجلد أفريقيا Africa وبه سنجد مرجع Egypt 1907.prj وهو المرجع الوطني المصري القائم علي البيسويد هلمرت ١٩٠٦:



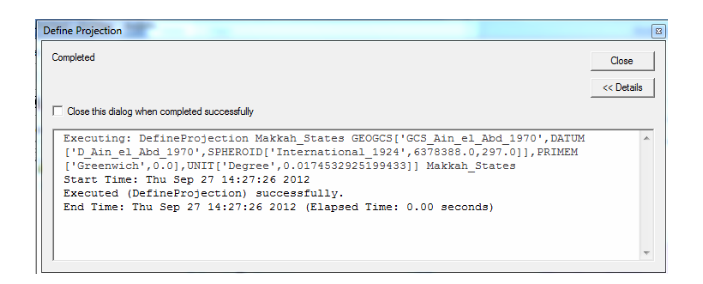
بعد الضغط علي مرجع عين العبد ١٩٧٠ سنعود للنافذة السابقة وسنجد بها معلومات تفصيلية Details عن هذا المرجع: أن الاليبسويد المستخدم هو المرجع الجيوديسي العالمي لعام ١٩٢٤ Datum: International 1924 وقيمة نصف محوره الأكبر Semi Major Axis وقيمة نصف محوره الأصغر Semi Minor Axis وقيمة معكوس التفلطح Inverse Flattening (أنظر الفصل الرابع):



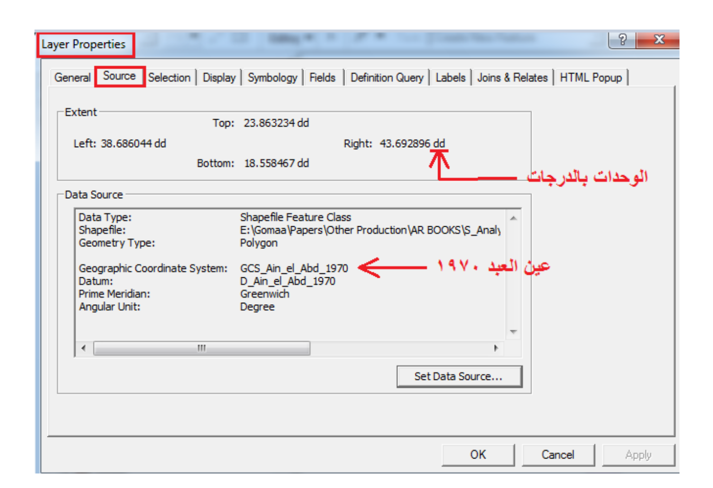
نضغط OK فنعود للنفاذة الأولي فنجد أن مرجع عين العبد ١٩٧٠ GCS Ain el Abd_1970 قد ظهر في السطر الثاني كمرجع جغرافي لطبقة محافظات مكة المكرمة:



نضغط OK للبدء في تنفيذ أداة تحديد المرجع. لن ستغرق تنفيذ الأداة إلا ثانية أو أقل (فهي لا تحتاج لحسابات كبيرة) وتظهر نافذة تفيد – في أعلاها - أن التنفيذ قد تم Completed فنضغط علي أيقونة إغلاق Close لإغلاق النافذة:



الآن إذا عرضنا خصائص الطبقة مرة أخري (بالضغط دوبل كليك علي أسمها في قائمة المحتويات) نجد أنها أصبحت معرفة المسقط و أيضا معرفة الوحدات:



يمكن للقارئ أن يكرر تنفيذ أداة تحديد المرجع Define Projection للطبقتين الأخرتين في بيانات الفصل الحالي: طبقة طرق مكة المكرمة و طبقة مطارات مكة المكرمة.

مرة أخري نكرر ما سبق ذكره من أهمية هذه الأداة أو هذه الخطوة لتعريف نظام إحداثيات طبقة (أو مرئية) حيث أن عدم تحديد هذا النظام ينتج عنه مشاكل كثيرة جدا في أي مشروع GIS.

٦-٣-٢ تغيير نظام الإحداثيات

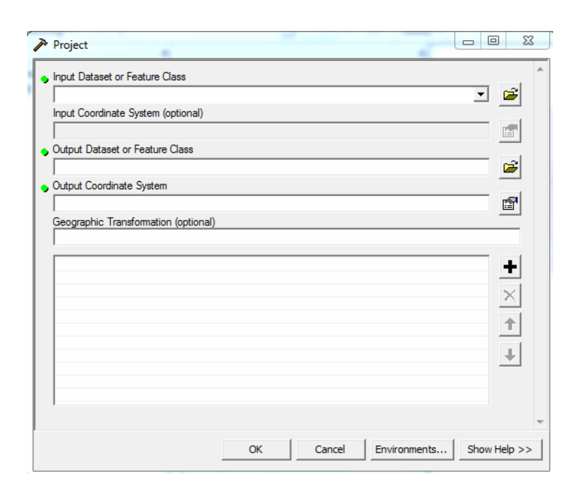
بعد تحديد نظام الإحداثيات الأساسي للطبقات الثلاثة سنقوم بتغيير إحداثياتهم من نوع الإحداثيات الجغرافية إلي نوع الإحداثيات المترية، و هو ما يعرف باسم إسقاط الخرائط Map Projections. إن الإحداثيات المترية تكون أكثر ملائمة لخرائط المناطق الجغرافية غير الشاسعة لأنها ستستخدم لاحقا في إجراء الحسابات و التحليلات المكانية. أي أننا سنحتفظ بالطبقة الأصلية (ذات الإحداثيات الجغرافية) وسنقوم بتطوير طبقة أخري – طبق الأصل – لكن بإحداثيات مترية.

للطبقات Vector سيتم استخدام أداة الإسقاط **Project** من مجموعة أدوات الطبقات Features من مجموعة أدوات الإسقاط و التحويل Projections and Transformations من مجموعة أدوات إدارة البيانات Data Management Tools.

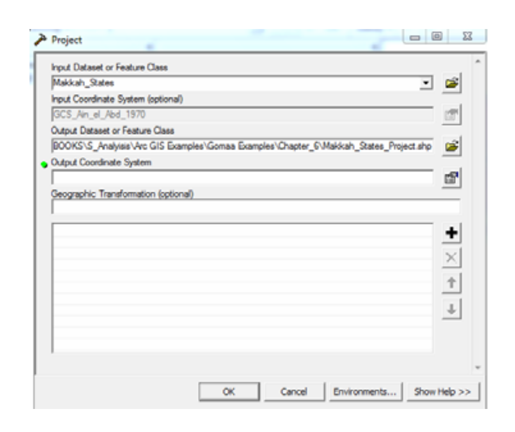
أما للصور و المرئيات Raster سيتم استخدام أداة الإسقاط **Project Raster** من مجموعة أدوات الملفات الشبكية Raster من مجموعة أدوات الإسقاط و التحويل Projections and Transformations من مجموعة أدوات إدارة البيانات Data Management Tools وتنفيذها مشابه تماما لأداة Project:



نضغط دوبل كليك علي أداة إسقاط الطبقات Project لبدء تنفيذها:



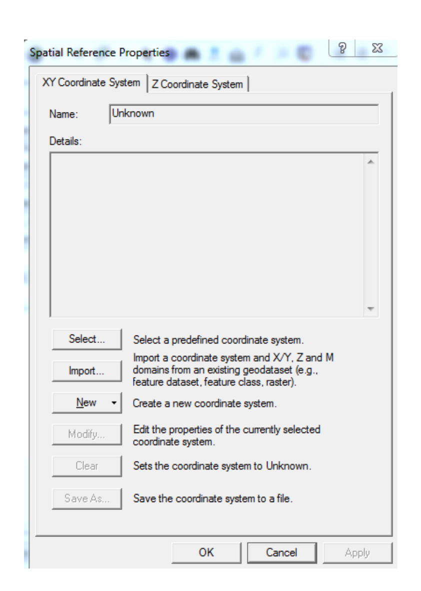
في السطر الأول سنحدد الطبقة المدخلة (الطبقة المطلوب إسقاطها من النظام الجغرافي إلي النظام المتري) Input Dataset or Feature Class وهي طبقة محافظات مكة المكرمة Makkah_States:



بمجرد اختيار الطبقة سنجد أن البرنامج (في السطر الثاني) قد عرف نظام الإحداثيات الأصلي للطبقة Input Coordinate System وهو نظام عين العبد ١٩٧٠ كما حددناه في الخطوة السابقة. في السطر الثالث Output Dataset or Feature Class الخاص باسم الطبقة الجديدة بعد الإسقاط فأن البرنامج يقترح اسم لهذه الطبقة سيكون Makkah_states_Project (أي الاسم الأصلي للطبقة مضافا إليه كلمة project) ومن الممكن أن نقبل اقتراح البرنامج أو أن نقوم بأنفسنا بتحديد اسم آخر للطبقة الجديدة.

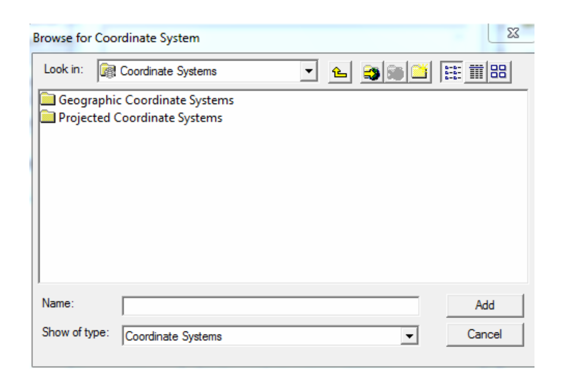
الآن لم يبقي إلا السطر الرابع Output Coordinate System الخاص بتحديد المرجع و نظام الإحداثيات المطلوب التحويل إليه. في المثال الحالي سنختار نوع الإحداثيات المترية UTM علي المرجع الوطني السعودي عين العبد ١٩٧٠. من المعلوم أن منطقة مكة المكرمة الإدارية تقع في الشريحة ٣٧ شمالا من شرائح نظام إحداثيات UTM (أرجع للفصل الرابع).

إذن سنبدأ في الضغط علي أيقونة الاختيار الموجودة علي يمين السطر الرابع:

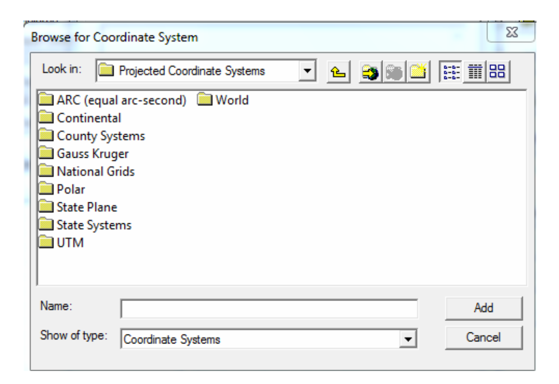


ثم نضغط أيقونة Select :

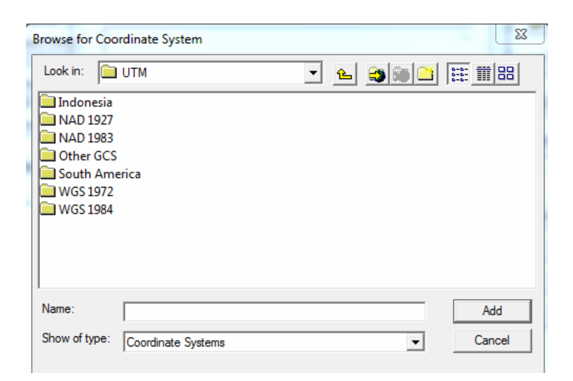
الآن سنختار النوع الثاني من نظم الإحداثيات (الإحداثيات المترية) Projected Coordinate System :



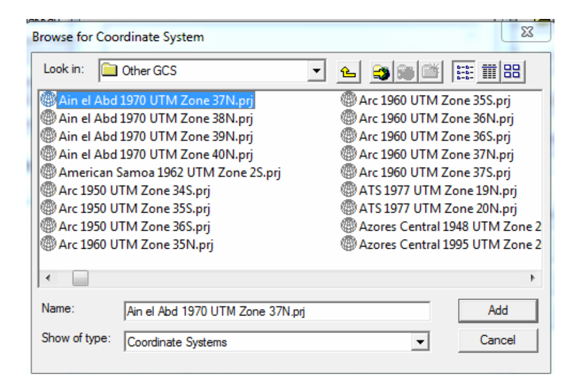
ثم سنختار نظم الإحداثيات المترية من نوع UTM (وهي المطلوبة في المثال الحالي)



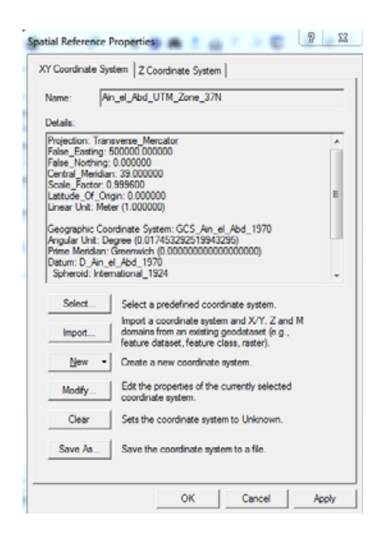
نختار مجلد نظم إحداثيات أخري Other GCS (وهو الذي يحتوي الإحداثيات أو المراجع الجغرافية الوطنية لكل دول العالم):



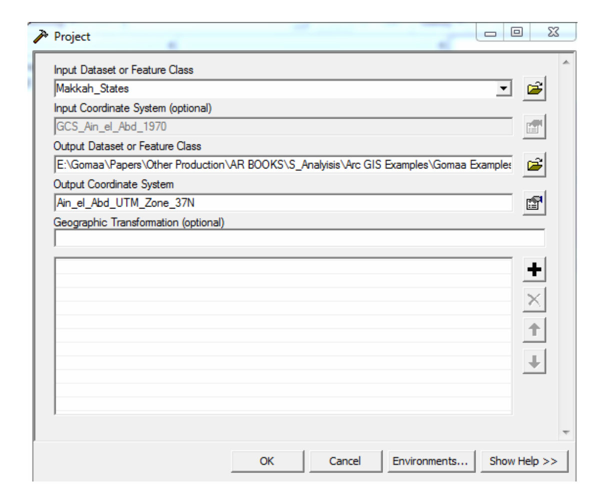
ومن القائمة سنختار نظام UTM علي مرجع عين العبد ١٩٧٠ للشريحة ٣٧ شمالا Ain el Abd 1970 UTM Zone 37N.prj:



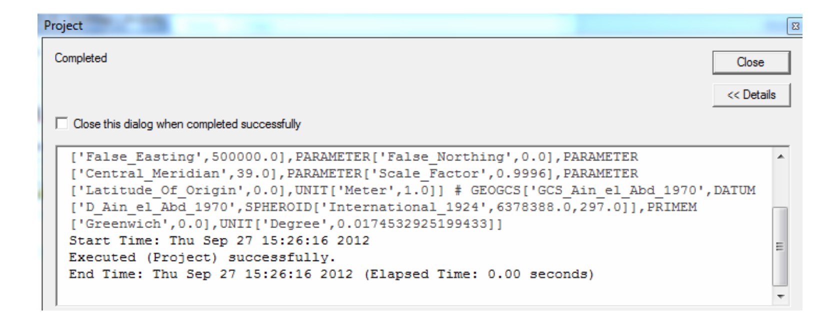
ثم نضغط Add للعودة للنافذة السابقة، فنجد تفاصيل هذا النظام فنضغط OK للاستمرار:



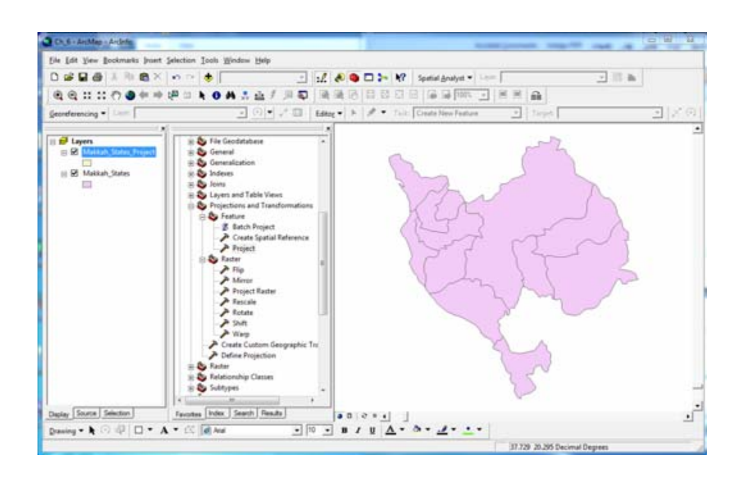
نعود للنافذة الرئيسية لأداة تغيير المرجع و نظام الإحداثيات حيث نجد النظام المطلوب قد ظهر في السطر الرابع، فنضغط OK لبدء تنفيذ الأداة:



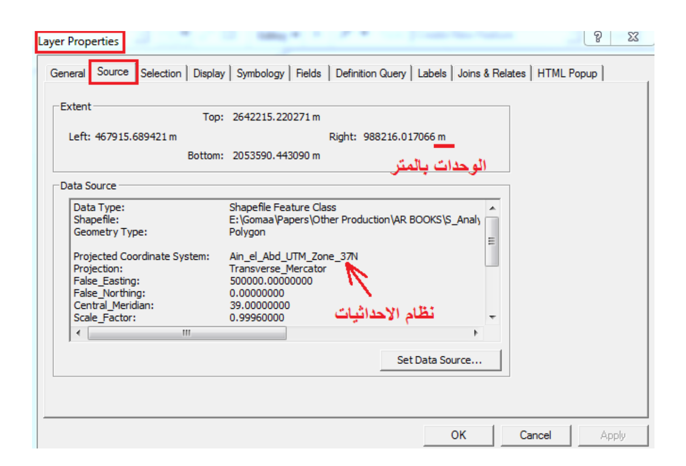
يتم تنفيذ الأداة بنجاح فنضغط close :



نجد أن الطبقة الجديدة قد تم إضافتها للمشروع الحالي:



فـإذا ضـغطنا عليهـا (فـي قائمـة المحتويـات) دوبـل كليـك لعـرض خصـائصـها نجـد أن نظـام الإحداثيات هو Ain el Abd UTM Zone 37N وأن حدود الطبقة قد تغير أيضا إلـي الإحداثيات المترية:



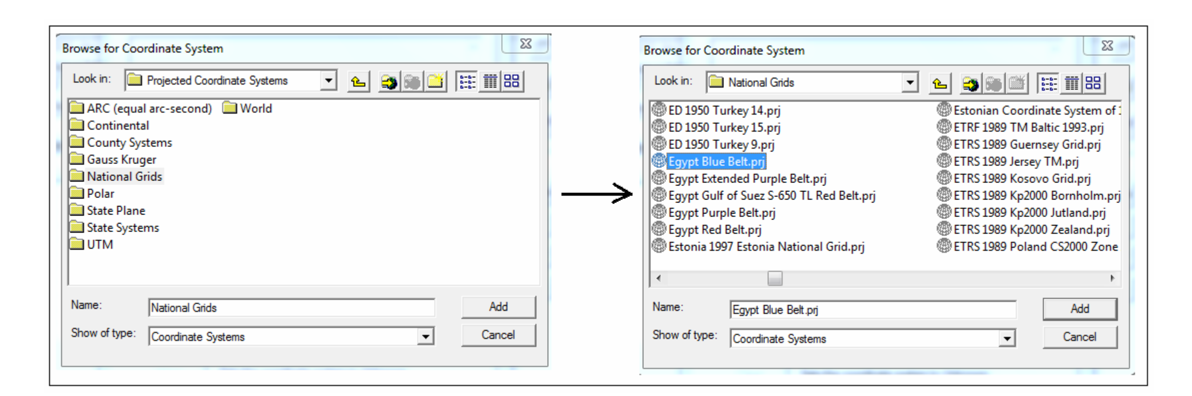
يمكن للقارئ أن يكرر تنفيذ أداة تغيير المرجع Project للطبقتين الأخرتين في بيانات الفصل الحالي: طبقة طرق مكة المكرمة و طبقة مطارات مكة المكرمة.

<u>ملحوظة **خارج** التمرين الحالي:</u>

<u>للمستخدمين المصريين:</u>

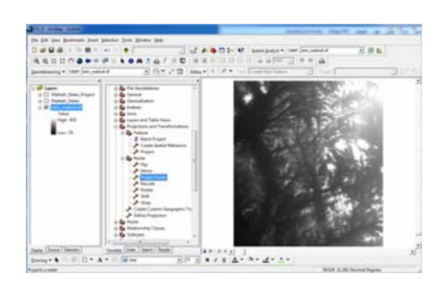
لإتمام عملية الإسقاط إلي **النظام المصري للخرائط** ندخل في مجلد الشبكات المحلية National Grids (بدلا من مجلد UTM) وبداخله سنجد أحزمة الإحداثيات المصرية:

الحزام الأزرق Egypt Blue Belt .prj
الحزام البنفسجي الجنوبي Egypt Extended Purple Belt .prj
الحزام الخاص بالبحر الأحمر Egypt Gulf of Suez S-650 TL Red Belt .prj
الحزام البنفسجي Egypt Purple Belt .prj
الحزام الأحمر Egypt Red Belt.prj

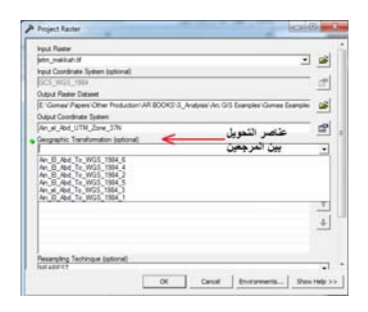


٦-٣-٣ تغيير المرجع و نظام الإحداثيات معا

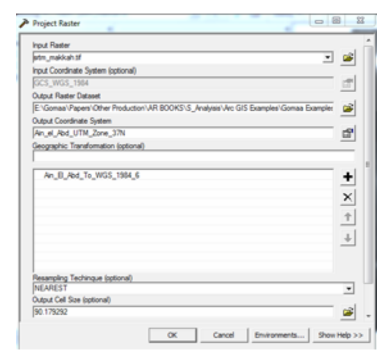
في الجزء السابق قمنا بتغيير نظام إحداثيات الطبقة من النوع الجغرافي علي مرجع عين العبد ١٩٧٠ إلي نوع الإحداثيات المترية UTM علي مرجع عين العبد ١٩٧٠ أيضا، أي أننا غيرنا نظام الإحداثيات فقط. في بعض الأحيان نحتاج لتغيير نظام الإحداثيات مع تغيير المرجع الجغرافي أيضا، فعلي سبيل المثال إذا كان لدينا مرئية فضائية لها إحداثيات جغرافية علي المرجع الجغرافي العالمي WGS84 (معظم المرئيات الفضائية تكون مبنية علي هذا المرجع العالمي) ونريد أن نحولها إلي الإحداثيات المترية UTM علي مرجع عين العبد ١٩٧٠. في المثال الحالي لدينا نموذج ارتفاعات رقمية (من النوع raster) له إحداثيات جغرافية علي مرجع WGS84 ونريد إسقاطه علي نظام UTM لمرجع عين العبد ١٩٧٠، وسنستخدم بالطبع أداة تغيير مرجع المرئيات Project Raster:



في السطر الأول سنحدد اسم الصورة المدخلة (الأصلية) وفي السطر الثالث سنحدد اسم الصورة الجديدة المسقطة وفي السطر الرابع سنحدد نوع نظام إحداثيات الصورة الجديدة Ain el Abd UTM Zone 37N (كما في المثال السابق تماما):



إلا أننا هنا سنحتاج لتعريف عناصر التحويل بين مرجعي WGS84 و عين العبد في السطر الخامس Geographic Transformation حيث يوجد في البرنامج قيم لعناصر التحويل من المرجع الجغرافي العالمي WGS84 إلي المراجع الجغرافية الوطنية لكل دول العالم (أنظر الفصل الرابع الجزء ٤-٥) حيث سنختار أي مجموعة عناصر منهم، ثم نضغط OK لتنفيذ العملية:

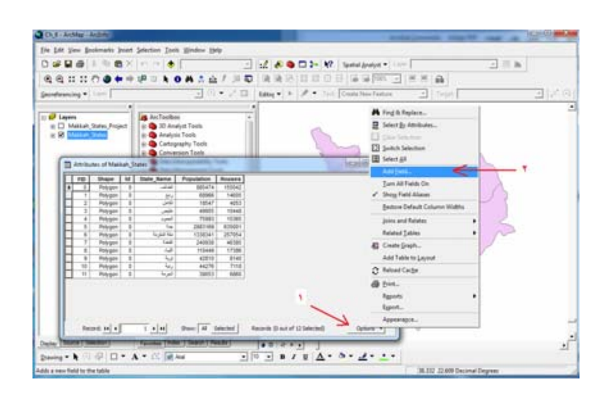


٦-٤ حساب مساحة المضلعات

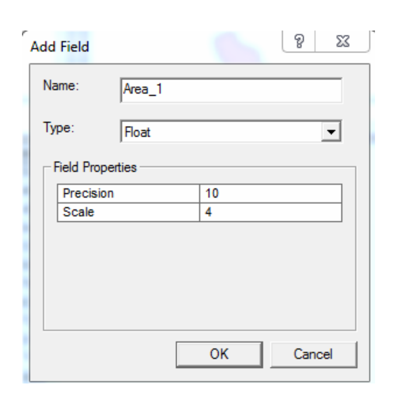
توجد طريقتين لحساب مساحة المضلعات داخل الطبقة:

الطريقة الأولي: من جدول البيانات غير المكانية

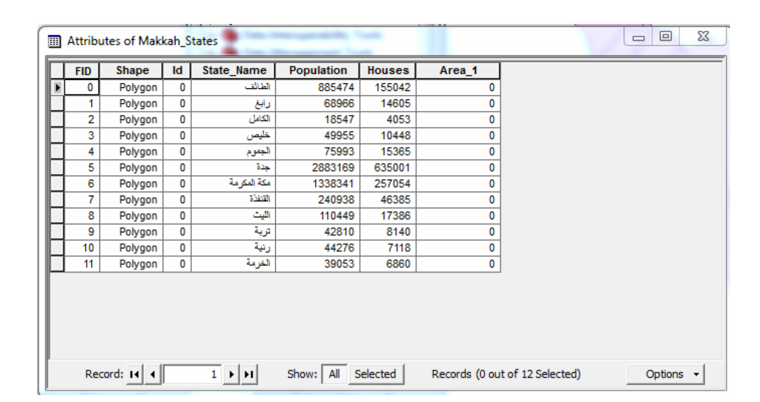
نفتح جدول البيانات غير المكانية Attribute Table لطبقة محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية Makkah_States ونضغط علي أيقونة خيارات Options ومن القائمة نختار أمر إضافة عمود Add Field:



نحدد اسم العمود الجديد Name ليكون مثلا Area_1 ونحدد نوعه Type من نوع الأرقام العادية Float ويكون عدد خانات العمود الإجمالية Precision يساوي ١٠ خانات و منهم يكون عدد خانات الكسور Scale ٤ خانات ثم نضغط OK:



سيتم إضافة العمود الجديد لقاعدة البيانات، وبالطبع فأن جميع محتوياته ستساوي الصفر:

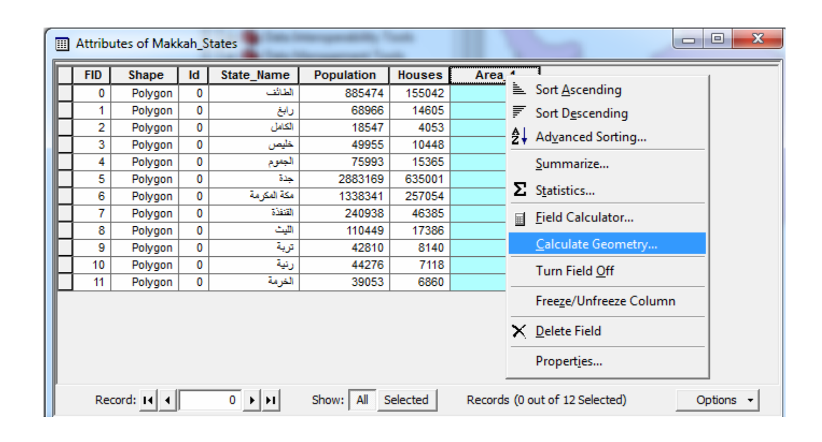


Attributes of Makkah_States

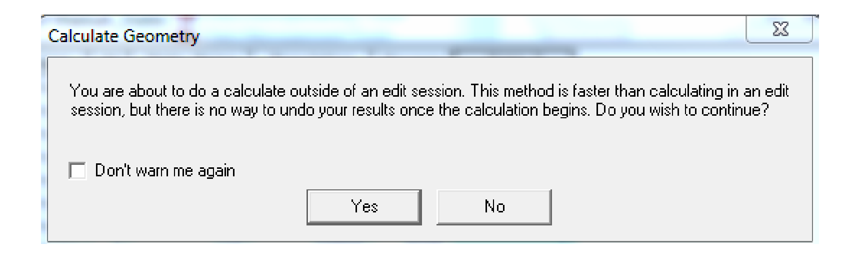
FID	Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	0
1	Polygon	0	رابغ	68966	14605	0
2	Polygon	0	الكامل	18547	4053	0
3	Polygon	0	خليص	49955	10448	0
4	Polygon	0	الجموم	75993	15365	0
5	Polygon	0	جدة	2883169	635001	0
6	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	0
7	Polygon	0	القنفذة	240938	46385	0
8	Polygon	0	الليث	110449	17386	0
9	Polygon	0	تربة	42810	8140	0
10	Polygon	0	رنية	44276	7118	0
11	Polygon	0	الخرمة	39053	6860	0

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

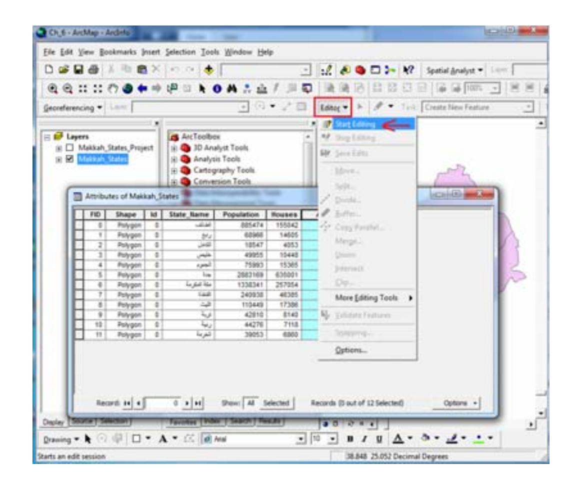
الآن سنختار العمود الجديد بالضغط علي أسمه بالماوس الأيسر (سيتم تظليل العمود كله) ثم نضغط الماوس الأيمن و من القائمة نختار أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry:



ستظهر رسالة تحذيرية أننا سنقوم بالتعديل (الحسابات) داخل قاعدة البيانات بينما نحن لم نفعل أمر تعديل الطبقة:



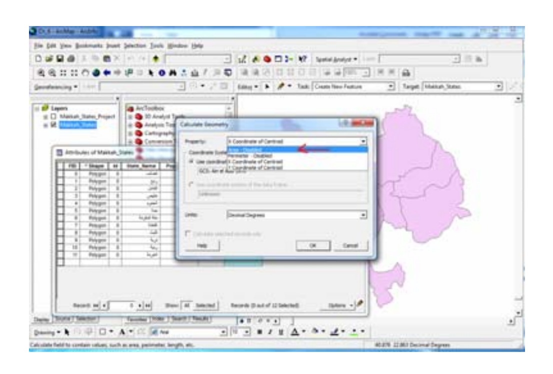
من الأفضل أن نجيب NO لغلق الأمر الحالي، ثم نعود لبدء التعديل Start Editing من شريط أدوات التعديل Editor:



ونختار طبقة التعديل لتكون Makkah_States. ثم نعود مرة أخري لتفعيل أمر Calculate Geometry. سنجد أن هذا الأمر لدية إمكانيات لحساب المساحة Area كأول اختيار في Property (السطر الأول) لكن سنجد كلمة Disable بجوارها. هذا يدل علي لأن البرنامج لن يستطيع حساب مساحة المضلعات في الطبقة الحالية ! لماذا؟ الإجابة ببساطة أن هذه

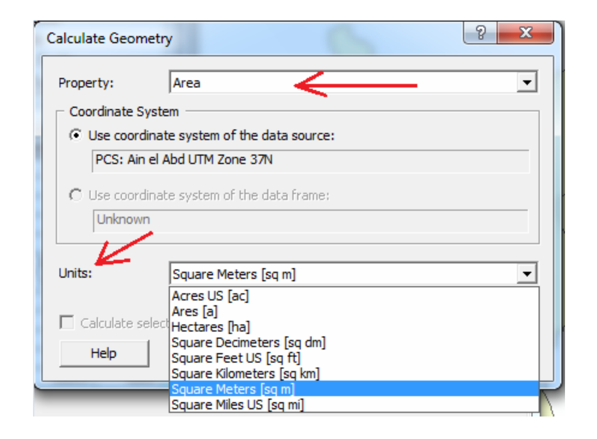
الطبقة لها إحداثيات جغرافية (خط طول و دائرة عرض بالدرجات) وإذا تم حساب مساحة مضلعات الطبقة فستكون المساحة بالدرجات المربعة ! و هذا غير منطقي بالطبع.

في الإصدارات القديمة من برنامج Arc GIS (مثل الإصدار ٩.١ و الإصدار ٩.٢) كان البرنامج يسمح بحساب المساحة حتى وان كانت الطبقة بالإحداثيات الجغرافية !! لكن ومن الإصدار ٩.٣ تم إلغاء هذه الإمكانية.

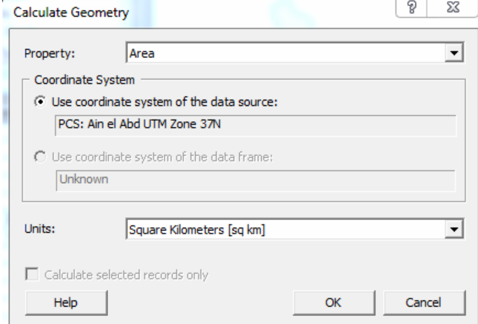


الآن سنلغي هذه الخطوة ، ثم سنكرر جميع الخطوات السابقة لكن باستخدام الطبقة المسقطة Makkah_States_Project التي لها إحداثيات UTM مترية:

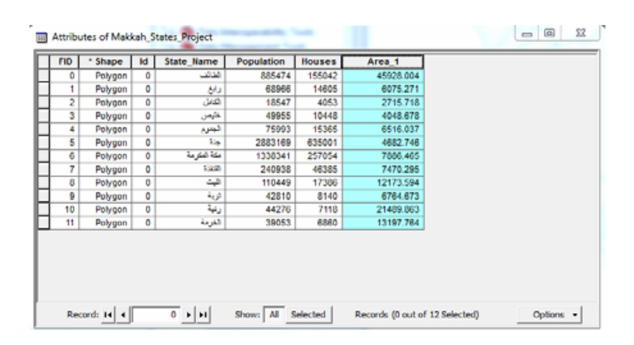
بمجرد تنفيذ أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry للطبقة سنجد أول اختيار هو حساب المساحة Area (وبدون كلمة Disable) وسنجد أن وحدات الحساب Units لها عدة اختيارات: الدونم ، الأكر ، الهكتار ، الديسيمتر المربع ، القدم المربع ، الكيلومتر المربع: المتر المربع ، الميل المربع:



نختار وحدة الكيلومترات المربعة فهي الأنسب لمساحة المحافظات، ثم نضغط Ok:



سنجد أن مساحة كل محافظة قد تم حسابها (بالكيلومتر المربع) وإضافتها في العمود Area_1:



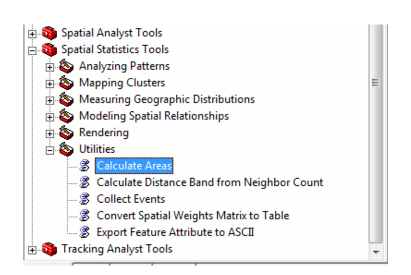
Attributes of Makkah_States_Project

FID	* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004
1	Polygon	0	رابغ	68966	14605	6075.271
2	Polygon	0	الكامل	18547	4053	2715.718
3	Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678
4	Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037
5	Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746
6	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7006.465
7	Polygon	0	القنفذة	240938	46385	7470.295
8	Polygon	0	الليث	110449	17386	12173.594
9	Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673
10	Polygon	0	رنية	44276	7118	21409.063
11	Polygon	0	الخرمة	39053	6880	13197.784

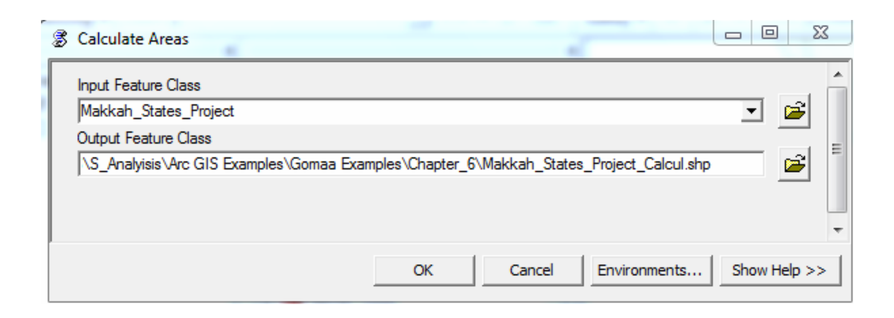
Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

<u>الطريقة الثانية: من برنامج Arc Toolbox</u>

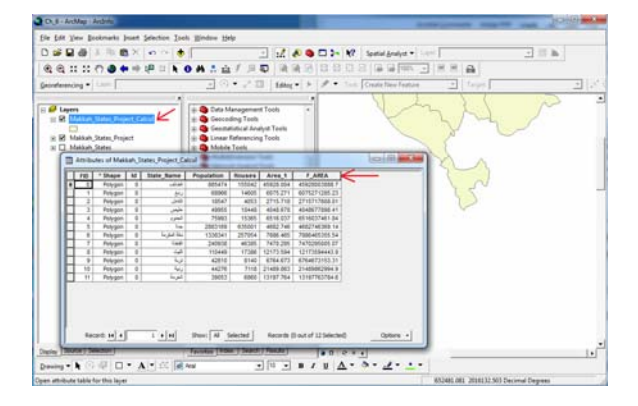
أداة حساب مساحة المضلعات هي Calculate Areas الموجودة في مجموعة الأدوات الفرعية للخدمات Utilities من مجموعة أدوات الإحصاء المكاني Spatial Statistics Tools:



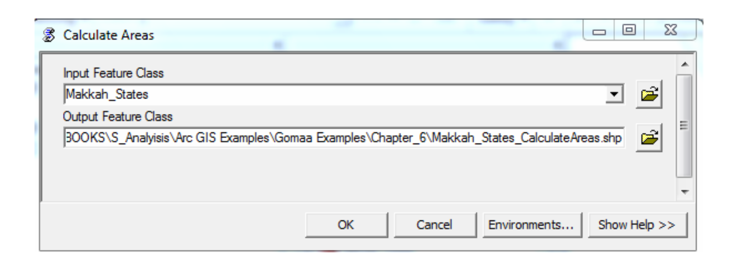
في السطر الأول سنحدد اسم الطبقة المدخلة Input Feature Class لتكون هي طبقة Makkah_States_Project وفي السطر الثاني سنحدد اسم للطبقة الجديدة Output Feature Class وهي طبقة مماثلة للأولي لكن مع إضافة عمود المساحة داخل قاعدة بياناتها (لاحظ أن الطريقة الأولي كانت تسمح بحساب المساحة داخل الطبقة الأصلية) ويقترح البرنامج اسم لهذه الطبقة الجديدة Makkah_States_Calcul (أي اسم الطبقة الأولي مضافا إليه كلمة Calcul) ولدينا اختيار إما الموافقة على هذا الاسم المقترح أو تغيير كما نريد:



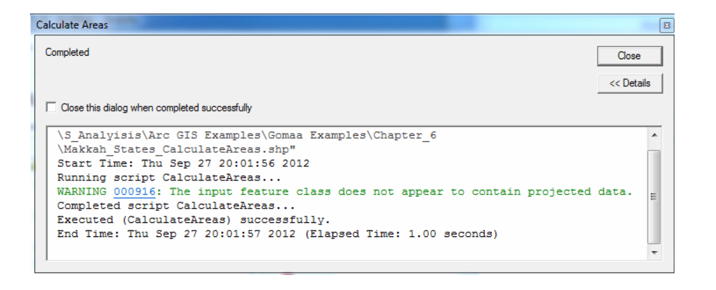
نضغط OK لتشغيل أداة حساب المساحات. سنجد الطبقة الجديدة قد تم إضافتها للمشروع، وبفتح جدول بياناتها غير المكانية سنجد عمود جديد اسمه F-AREA يحتوي مساحة كل مضلع (كل محافظة). بفحص قيم المساحات نجد أنها كبيرة جدا لأنها <u>بالمتر المربع</u> ! فالأداة لم تسمح لنا باختيار وحدات حساب المساحة (عكس الطريقة الأولي):



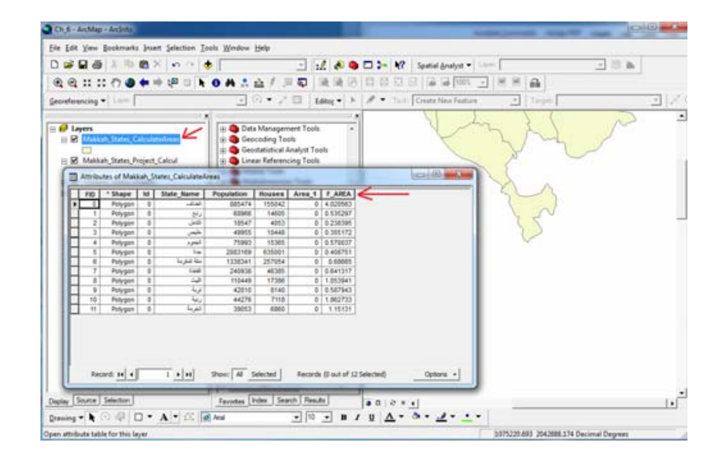
أيضا من عيوب أداة حساب المساحة Calculate Area أنها ستقبل الطبقة ذات الإحداثيات الجغرافية:



مع أنها ستعطي تحذير (باللون الأخضر) بعد انتهاء التنفيذ يفيد أن الطبقة ليس لها إحداثيات مسقطة Projected:



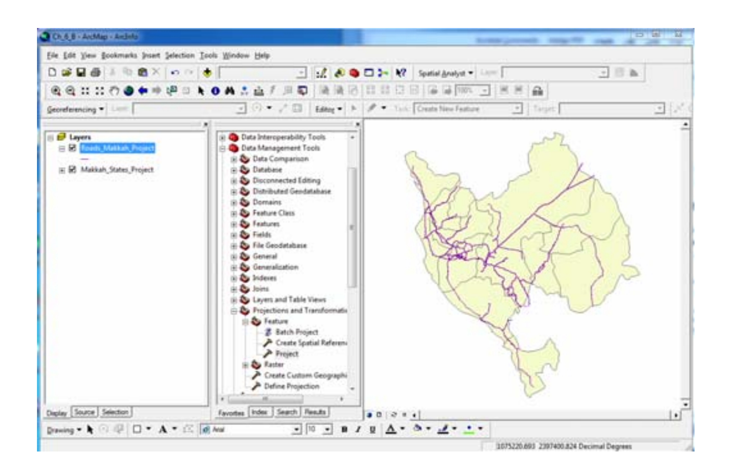
وبالطبع فأن قيم المساحة (في عمود F_AREA) في هذه الحالة ستكون صغيرة جدا جدا لأنها ستكون بالدرجات المربعة:



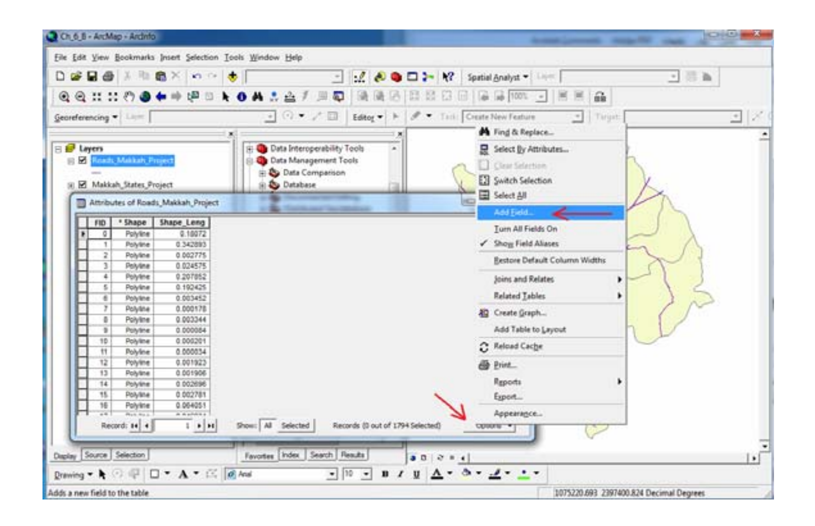
٦-٥ حساب أطوال الخطوط

لأي طبقة خطوط Polyline Shapefile يمكن حساب أطوال خطوط الطبقة باستخدام أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry (كما تم في حساب المساحة لطبقات المضلعات في الجزء السابق).

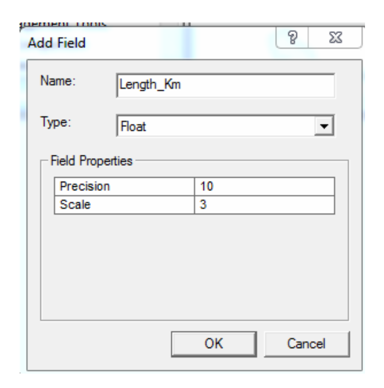
نقوم باستدعاء طبقة Roads_Makkah (الطرق الرئيسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية) من ملفات التدريب الأصلية، ثم نقوم بتحديد المرجع الجغرافي لها و هو عين العبد ١٩٧٠ كما تم سابقا علي طبقة المحافظات باستخدام أداة Define Projection ثم نقوم بإسقاط الطبقة للحصول علي نسخة جديدة منها Roads_Makkah_Project تكون لها إحداثيات مترية بنظام UTM (كما تم في الخطوة السابقة باستخدام أداة Project).



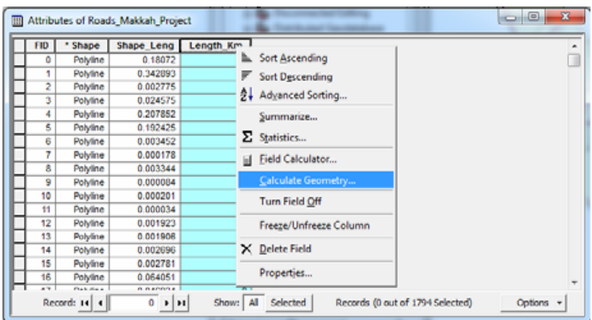
نفتح جدول البيانات غير المكانية Attribute Table لهذه الطبقة Roads_Makkah_Project ونضغط أيقونة خيارات Options ثم نختار أمر إضافة عمود Add Field:



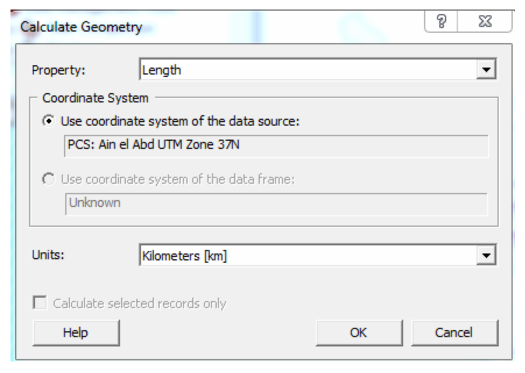
نختار للعمود الجديد اسم Name مثلا: Length_Km ويكون نوعه Type من نوع الأرقام العادية Float ويتكون العمود الجديد من عدد ١٠ خانات إجمالية Precision منهم عدد ٣ خانات للكسر Scale ثم نضغط OK:



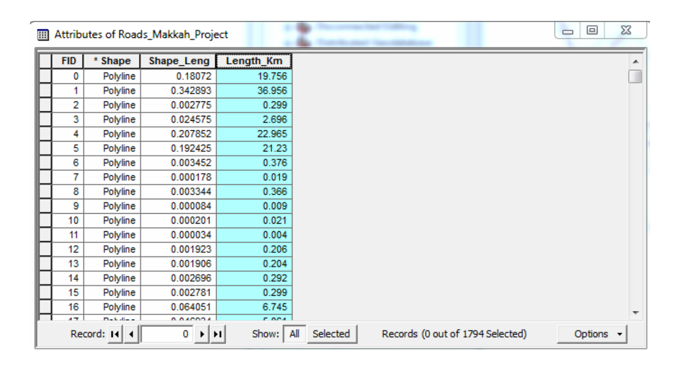
نقوم أولا بتفعيل التعديل Start Editing من شريك أدوات التعديل Editor ثم نظلل العمود الجديد (بالماوس الأيسر) ثم نضغط الماوس الأيمن ومن القائمة نختار أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry:



نختار الخاصية الهندسية المطلوب حسابها Property (في السطر الأول) لتكون هي الأطوال Length ونختار وحدات الحساب Units (في السطر الأخير) لتكون الكيلومترات ثم نضغط OK:



سيتم حساب طول كل طريق في هذه الطبقة بالكيلومترات وستكون القيم في عمود Length_Km السابق إنشاؤه:

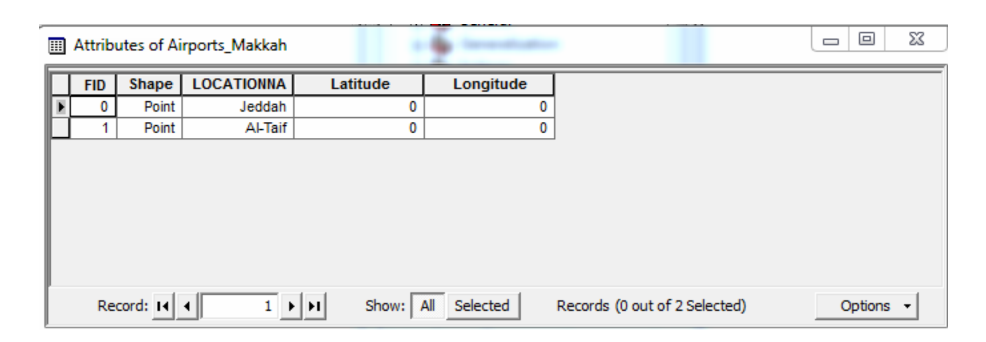


FID	Shape	Shape_Leng	Length_Km
0	Polyline	0.18072	19.756
1	Polyline	0.342893	36.956
2	Polyline	0.002775	0.299
3	Polyline	0.024575	2.696
4	Polyline	0.207852	22.965
5	Polyline	0.192425	21.23
6	Polyline	0.003452	0.376
7	Polyline	0.000178	0.019
8	Polyline	0.003344	0.366
9	Polyline	0.000084	0.009
10	Polyline	0.000201	0.021
11	Polyline	0.000034	0.004
12	Polyline	0.001923	0.206
13	Polyline	0.001906	0.204
14	Polyline	0.002696	0.292
15	Polyline	0.002781	0.299
16	Polyline	0.064051	6.745

٦-٦ استخراج إحداثيات النقاط

الطبقة الثالثة من طبقات بيانات التمرين الحالي هي طبقة Airports_Makkah وتحتوي مطاري جدة و الطائف وهما المطارين الموجودين في منطقة مكة المكرمة الإدارية. والمطلوب استخراج قيم إحداثيات المطارين وتصديرهم في ملف خارجي.

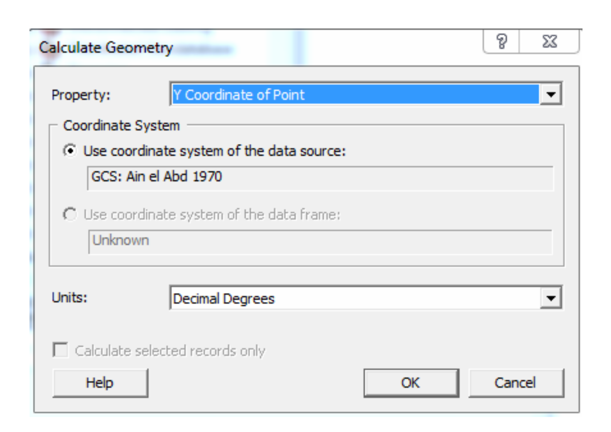
نبدأ بإضافة الطبقة إلي المشروع الحالي (يجب أن نكون قد حددنا مرجعها الجغرافي باستخدام أداة Define Projection مثلما فعلنا في الطبقات السابقة) ثم نفتح قاعدة بياناتها غير المكانية و بنفس الأسلوب السابق (بأمر Add Field) سنقوم بإضافة عمودين جديدين أحدهما أسمة Latitude والآخر سيكون أسمه Longitude:



FID	Shape	LOCATIONNA	Latitude	Longitude
0	Point	Jeddah	0	0
1	Point	Al-Taif	0	0

نبدأ مع عمود Latitude والذي سنضع به قيم دوائر العرض لكل مطار:

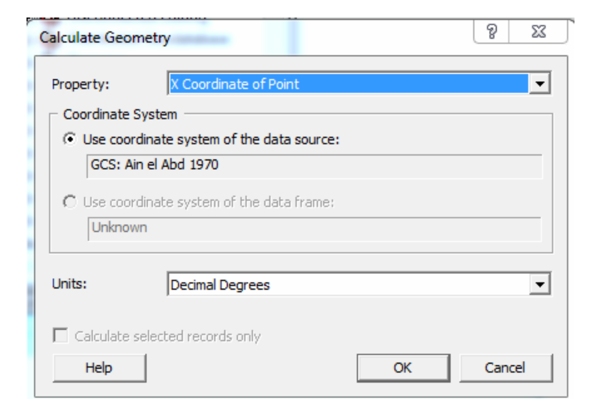
نظلل العمود ثم نختار أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry ثم نختار الخاصية الهندسية المطلوبة Property لتكون هي قيم المحور Y (المحور Y في برنامج Arc Map هو دوائر العرض) Y Coordinate of a Point وستكون وحدات القياس Units هي الدرجات Decimal Degrees حيث أن نظام إحداثيات هذه الطبقة من نوع الإحداثيات الجغرافية ثم نضغط Ok:



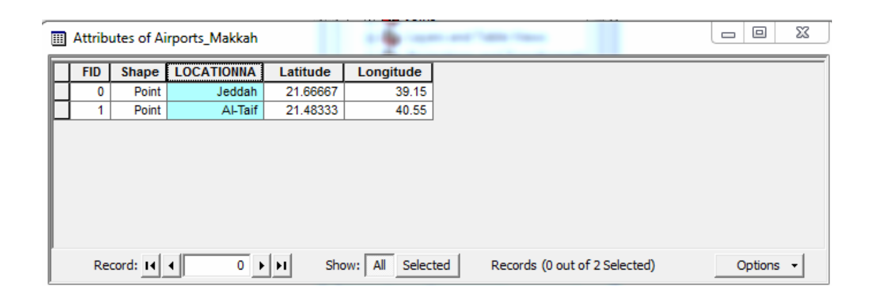
نكرر نفس الخطوات مع عمود Longitude والذي سنضع به قيم خطوط الطول لكل مطار:

نظلل العمود ثم نختار أمر حساب الخصائص الهندسية Calculate Geometry ثم نختار الخاصية الهندسية المطلوبة Property لتكون هي قيم المحور X (المحور X في برنامج Arc Map هو خطوط الطول) X Coordinate of a Point وستكون وحدات القياس Units

هي الدرجات Decimal Degrees حيث أن نظام إحداثيات هذه الطبقة من نوع الإحداثيات الجغرافية ثم نضغط Ok:



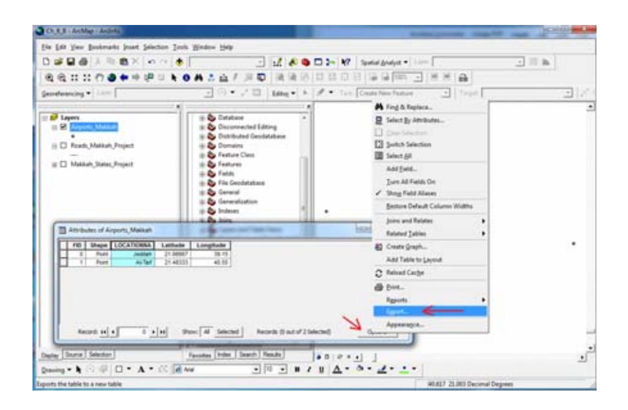
بذلك تكون الإحداثيات الجغرافية لكل مطار قد تم إضافتهم إلي قاعدة بيانات الطبقة:



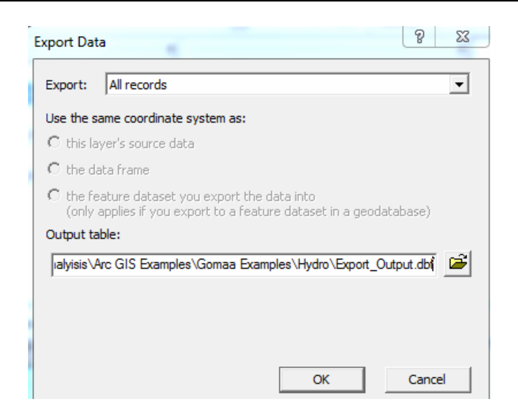
Attributes of Airports_Makkah

FID	Shape	LOCATIONNA	Latitude	Longitude
0	Point	Jeddah	21.66667	39.15
1	Point	Al-Taif	21.48333	40.55

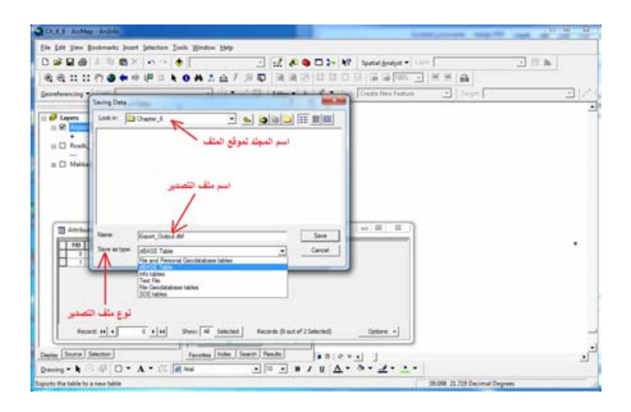
الآن سنقوم بتصدير هذه البيانات غير المكانية إلي ملف خارجي: من قائمة الخيارات Options في النافذة نختار أمر تصدير Export:



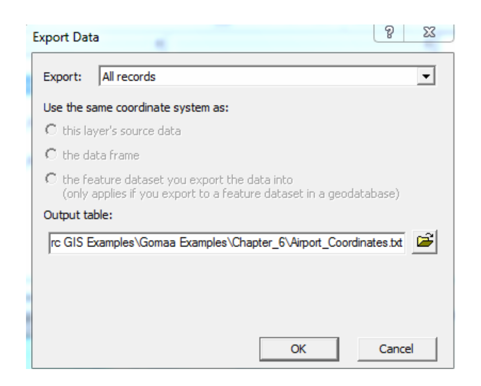
في السطر الأول سنترك خيار التصدير Export ليكون هو كل محتويات الجدول All Records ، أما السطر الأخير وهو اسم و نوع الجدول المصدر فنلاحظ أن الجدول سيكون Export_Output.dbf أي سيكون نوعه هو dbf وهو نوع ملفات قواعد البيانات Database Files والذي يمكن فتحه باستخدام برنامج Access من برامج مجموعة مايكروسوفت المكتبية Microsoft Office.



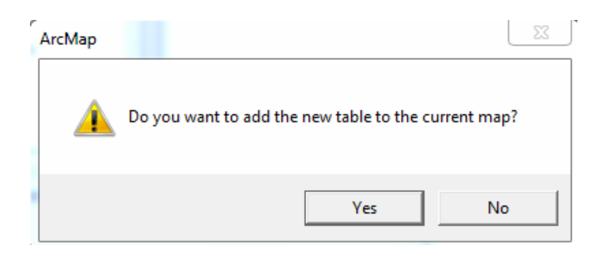
من الممكن أن نوافق علي هذا النوع من الملفات (إذا ضغطنا علي OK) أو أن نغيره إلي نوع آخر وذلك بالضغط علي أيقونة المجلد . نستطيع تغيير اسم الملف و مجلد تخزينه وأيضا نستطيع اختيار نوع الملف من الأنواع المتاحة فنختار – مثلا – النوع النصي Text:



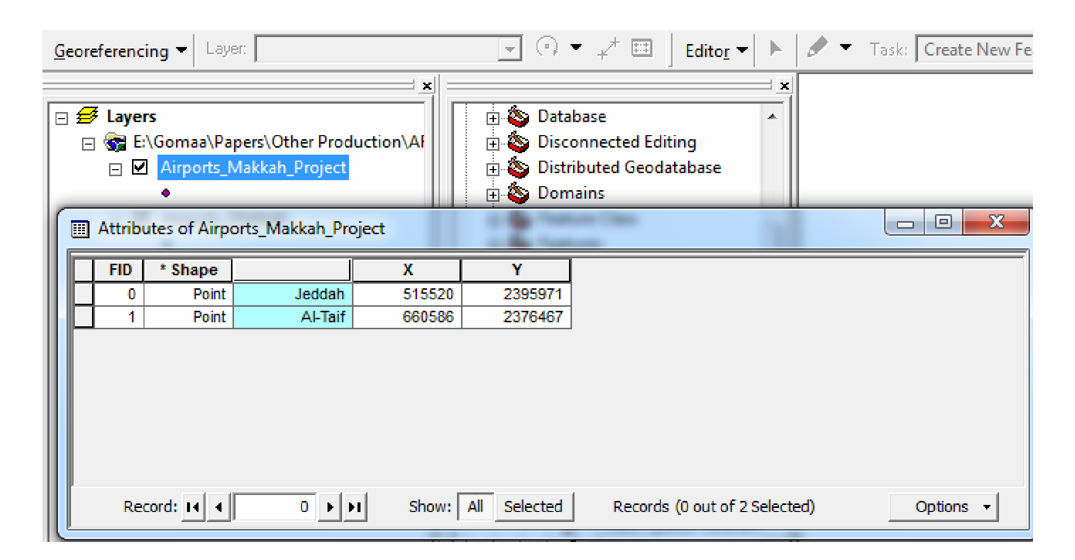
نختار اسم الملف ليكون Airport_Coordinates.txt مثلا ثم نضغط : OK



بعد انتهاء عملية التصدير يسأل البرنامج إن كنا نريد إضافة الملف الجديد للمشروع الحالي أم لا:



أما لاستخراج الإحداثيات المترية UTM لمطارات منطقة مكة المكرمة فنقوم بتغيير مرجع الطبقة باستخدام أداة Project إلي نظام Ain el Abd UTM Zone 37N (كما في الطبقتين السابقتين) ثم نكرر نفس الخطوات السابقة لنحصل علي عمودين يمثلان الاحداثي السيني X و الاحداثي الصادي Y بالأمتار:



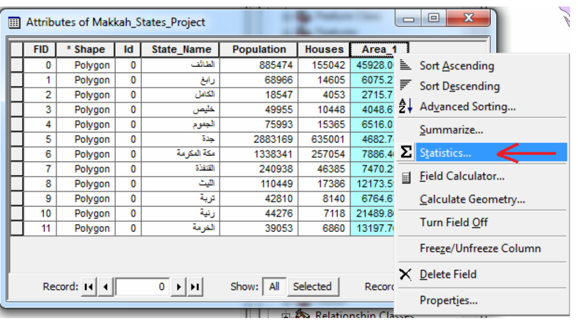
٦-٧ التحليل غير المكاني للطبقات

تتكون أي طبقة من بيانات مكانية و بيانات غير مكانية، فان كنا قد قمنا – حتى الآن – بعمل بعض التحليلات المكانية للطبقات مثل حساب المساحات و الأطوال فسنقوم الآن بفحص و تحليل البيانات غير المكانية Attribute Data.

أشرنا في الفصل الثاني إلي أن أفضل مقاييس النزعة المركزية للبيانات غير المكانية هو المتوسط الحسابي و أن أفضل مقاييس التشتت و الانتشار هو الانحراف المعياري. الآن سنستخرج قيم هذين المعاملين الإحصائيين للبيانات غير المكانية لأي طبقة في مشروع Arc Map.

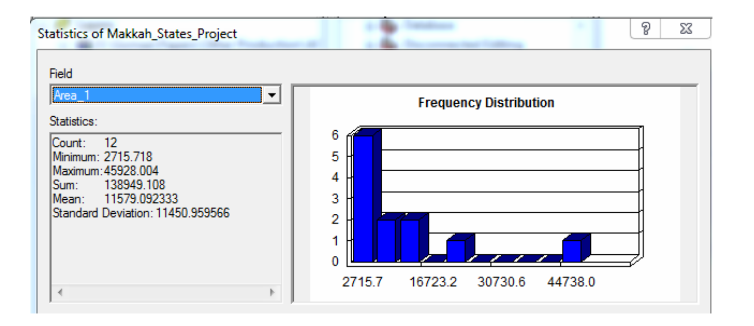
في طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة (بعد إسقاطها علي نظام UTM) أصبح لدينا عمود Area_1 يحتوي قيم مساحة كل محافظة بالكيلومترات المربعة. السؤال الآن: كم يبلغ مجموع مساحات المحافظات؟ كم يبلغ متوسط مساحات المحافظات؟ كم يبلغ الانحراف المعياري لمساحات المحافظات؟

نظلل العمود (بالماوس الأيمن) ثم نضغط الماوس الأيسر ومن القائمة نختار أمر إحصاء Statistics :

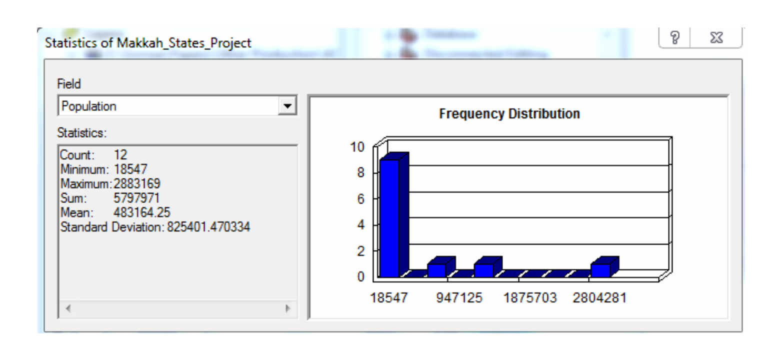


تظهر نافذة الملخص الإحصائي وبها اسم العمود Field هو Area_1 (عمود المساحات) ومعلوماته الإحصائية كالتالي:

العدد Count	١٢
أقل قيمة Minimum	٢٧١٥.٧١٨
أكبر قيمة Maximum	٤٥٩٢٨.٧١٨
المجموع Sum	١٣٨٩٤٩.١٠٨
المتوسط Mean	١١٥٧٩.٠٩٢
الانحراف المعياري Standard Deviation	١١٤٥٠.٩٦

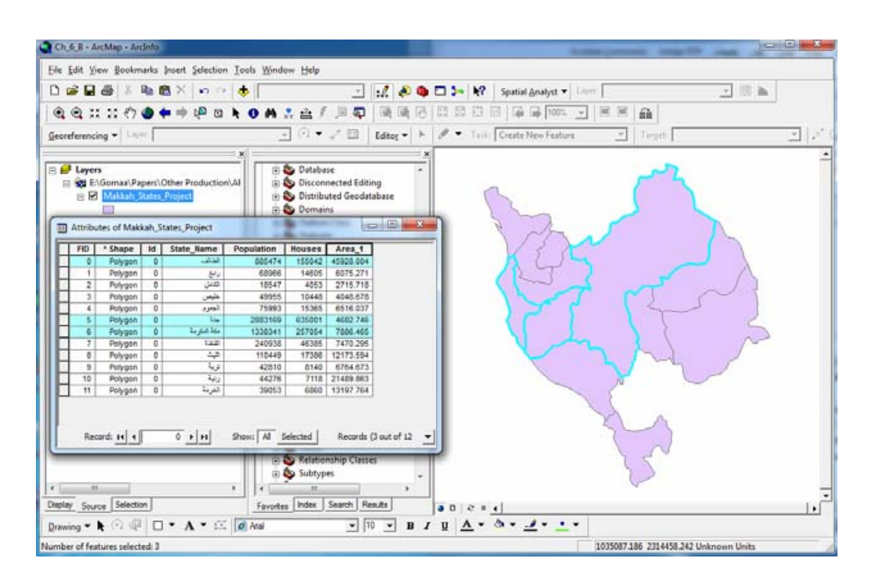


تحتوي الطبقة أيضا علي عمود أسمه Population والذي يحتوي أعداد سكان كل محافظة، فإذا أردنا معرفة معلوماته الإحصائية مباشرة يمكن فتح السهم الصغير الأسود و اختيار هذا العمود فتظهر بياناته مباشرة:

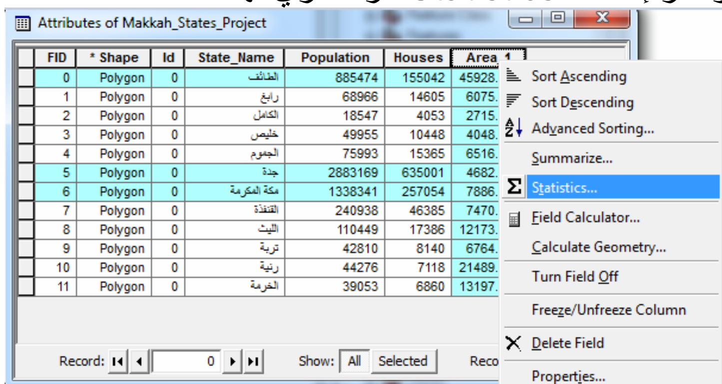


لكن ماذا إذا أردنا معرفة مجموع و متوسط عدد السكان لمحافظات مكة المكرمة و جدة و الطائف فقط (وليس لجميع المحافظات)؟

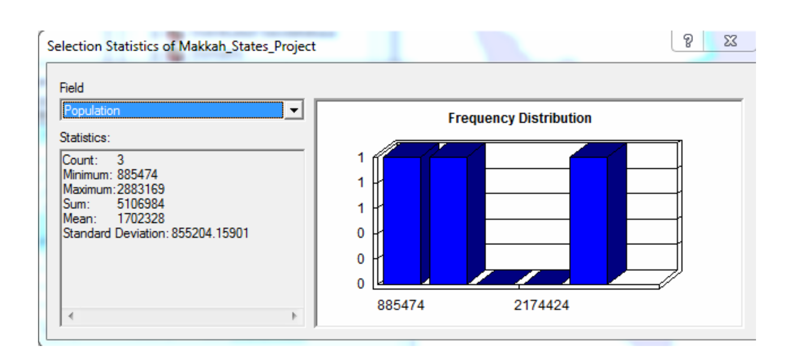
نقوم بتظليل المحافظة الأولي (الطائف) في جدول البيانات بالضغط بالماوس الأيسر علي المستطيل الصغير في أقصي يسار الجدول عند هذا الصف، ثم نضغط مفتاح Ctrl (من لوحة مفاتيح الكمبيوتر) باستمرار ثم نختار محافظة جدة بالماوس ثم نختار محافظة مكة المكرمة، فتصبح المحافظات الثلاثة مظللة سواء في جدول البيانات أو علي الخريطة:



الآن سنعيد اختيار أمر إحصاء Statistics مرة أخري لهذه المحافظات المظللة:



فتظهر النافذة الإحصائية ونلاحظ أن العدد Count يبلغ ٣ (عدد المحافظات المظللة) وبالتالي فأن مجموع أعداد سكانهم هو ٥١٠٦٩٨٤ والمتوسط يبلغ ١٧٠٢٣٢٨ والانحراف المعياري يساوي ٨٥٥٢٠٤ :



٨-٦ حسابات البيانات غير المكانية للطبقات

البيانات غير المكانية التي تعاملنا معها حتى الآن كانت بيانات أصلية Raw Data تم إدخال قيمها في أعمدة الطبقة، لكن علي الجانب الآخر فيتيح برنامج Arc Map استنباط بيانات غير مكانية جديدة عن طريق الحسابات.

مثال ١:

قمنا بحساب قيم مساحة كل محافظة من محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية، لكننا نريد أن نعرف (نحسب) النسبة المئوية لمساحة كل محافظة إلي مساحة المنطقة كلها. بداية لا بد أن يعرف المستخدم نفسه المعادلة الحسابية المطلوبة لكي يقوم بإعطائها لبرنامج Arc Map ليقوم بتنفيذها، علما بأن أي خطأ في المعادلة سيعطي نتائج خطأ أيضا وبكل تأكيد.

مجموع مساحات المحافظات = ١٣٨٩٤٩.١٠٨ كيلومتر مربع (من التحليل الإحصائي لعمود المساحات)

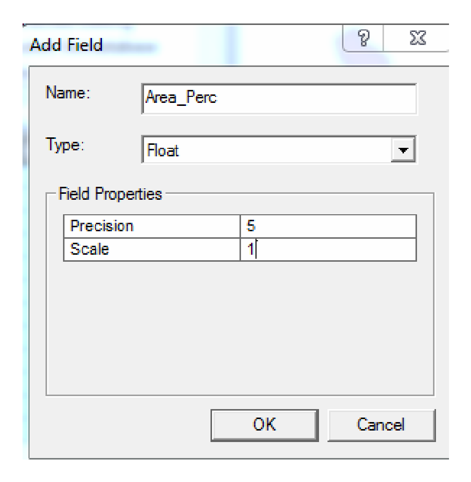
والمعادلة المطلوبة هي:

النسبة المئوية لمساحة أي محافظة = مساحة المحافظة × ١٠٠ / مجموع مساحات المحافظات

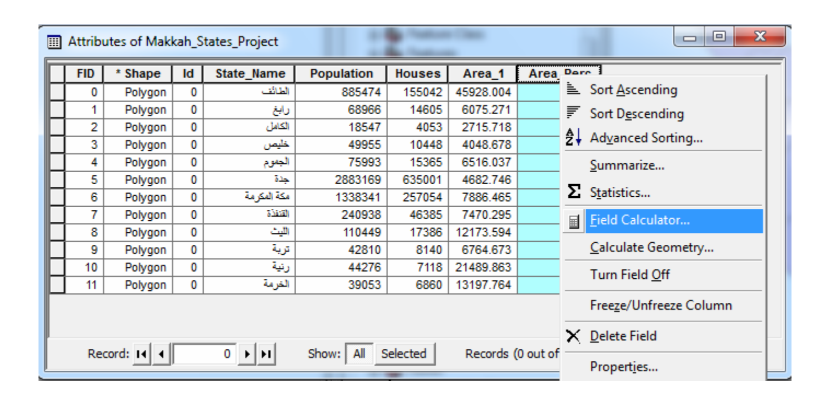
أي أن:

النسبة المئوية لمساحة أي محافظة = مساحة المحافظة × ١٠٠ / ١٣٨٩٤٩.١٠٨

نقوم (أمر Add Field) بإنشاء عمود جديد في قاعدة بيانات طبقة محافظات مكة المكرمة (المسقطة بنظام UTM) وليكن أسمه مثلا Area_Perc ويتكون من ٥ خانات إجمالية منهم ١ خانة للكسور:



نبدأ تفعيل التعديل Start Editing ثم نظلل العمود الجديد ومن القائمة نختار أمر حسابات العمود Field Calculator :

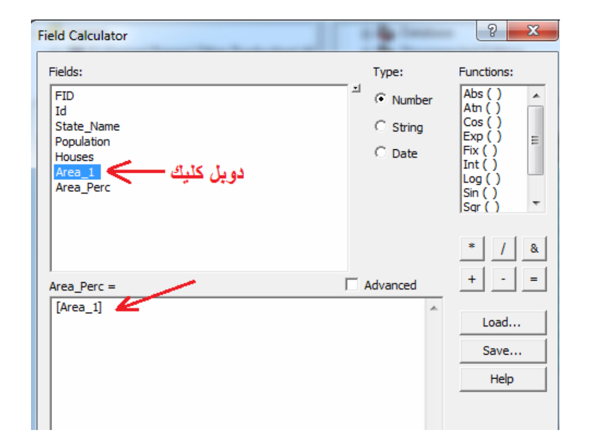

Attributes of Makkah_States_Project

FID	* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1	Area_Perc
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004	
1	Polygon	0	رابغ	68966	14605	6075.271	
2	Polygon	0	الكامل	18547	4053	2715.718	
3	Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678	
4	Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037	
5	Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746	
6	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7886.465	
7	Polygon	0	القنفذة	240938	46385	7470.295	
8	Polygon	0	الليث	110449	17386	12173.594	
9	Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673	
10	Polygon	0	رنية	44276	7118	21489.863	
11	Polygon	0	الخرمة	39053	6860	13197.764	

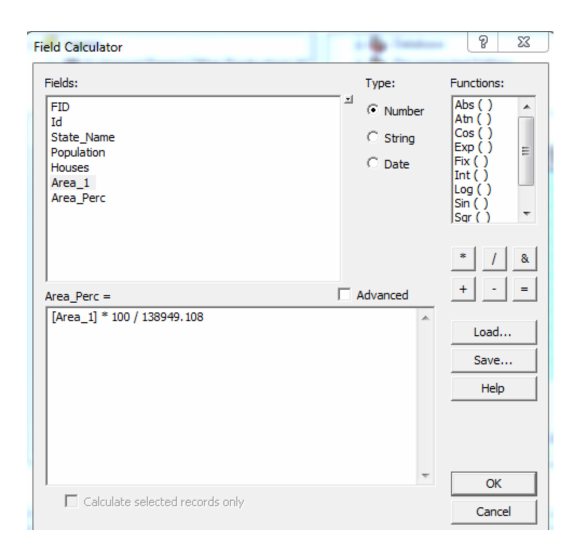
تتكون نافذة الحسابات من ٣ أجزاء: جزء يضم أعمدة الطبقة للاختيار منها، جزء يضم أيقونات العمليات الحسابية، جزء سيتم به كتابة المعادلة المطلوبة:



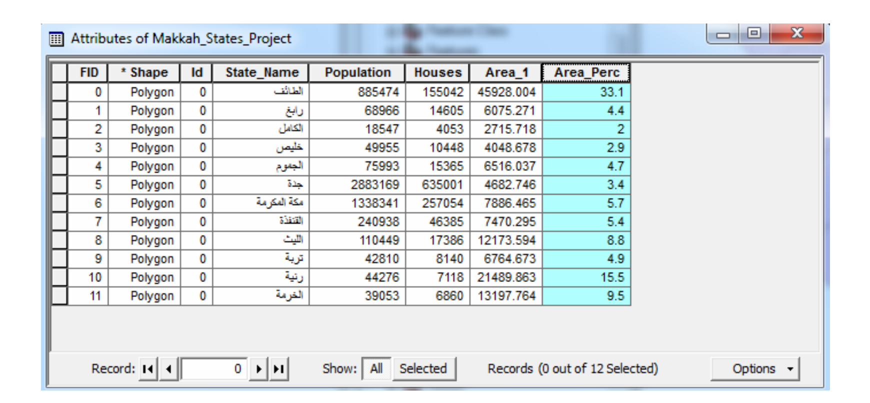
الآن سنبدأ كتابة المعادلة المطلوبة لحساب قيم العمود Area_Perc: بالماوس نضغط علي اسم عمود المساحة Area_1 في الجزء العلوي الأيسر من النافذة فنجد – مباشرة – أن اسم العمود قد تم إضافته لجزء المعادلة:



من الجزء الأيسر العلوي للنافذة نضغط دوبل كليك علي أيقونة علامة الضرب * فتنتقل مباشرة إلي سطر المعادلة، ثم نكتب الرقم ١٠٠ (من لوحة المفاتيح) ثم نضغط دوبل كليك علي أيقونة علامة القسمة / ثم نكتب الرقم ١٣٨٩٤٩.١٠٨ فتصبح المعادلة كالتالي:



فنضغط OK ليتم تنفيذ هذه المعادلة الحسابية علي جميع سطور العمود Area_Perc لحساب النسبة المئوية لمساحة كل محافظة من إجمالي مجموع مساحات المحافظات كلها:


Attributes of Makkah_States_Project

FID	* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1	Area_Perc
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004	33.1
1	Polygon	0	رابغ	68966	14605	6075.271	4.4
2	Polygon	0	الكامل	18547	4053	2715.718	2
3	Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678	2.9
4	Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037	4.7
5	Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746	3.4
6	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7886.465	5.7
7	Polygon	0	القنفذة	240938	46385	7470.295	5.4
8	Polygon	0	الليث	110449	17386	12173.594	8.8
9	Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673	4.9
10	Polygon	0	رنية	44276	7118	21489.863	15.5
11	Polygon	0	الخرمة	39053	6860	13197.764	9.5

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

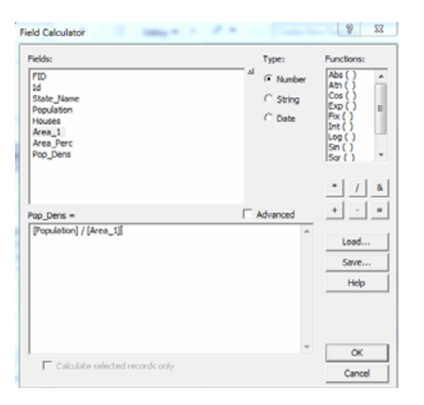
أي أن محافظة الطائف تمثل ٣٣.١ % من مساحة منطقة مكة المكرمة الإدارية بينما تمثل محافظة الكامل أقل قيمة ٢% فقط من المساحة الإجمالية للمنطقة.

مثال ٢:

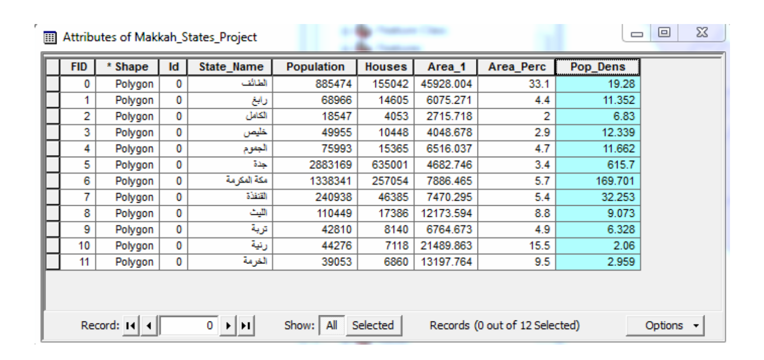
من قيم أعداد السكان و مساحة المحافظات نريد حساب معامل الكثافة السكانية لكل محافظة:

الكثافة السكانية = عدد السكان / مساحة المحافظة بالكيلومتر المربع

ننشأ عمود جديد أسمه مثلا Pop_Dens ثم نقوم بتفعيل أمر حسابات العمود Field Calculator (مثل المثال السابق) لتكون المعادلة المطلوبة كالتالي:



نضغط OK لتكون النتائج كالتالي:



Attributes of Makkah_States_Project

FID	* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1	Area_Perc	Pop_Dens
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004	33.1	19.28
1	Polygon	0	رابغ	68966	14605	6075.271	4.4	11.352
2	Polygon	0	الكامل	18547	4053	2715.718	2	6.83
3	Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678	2.9	12.339
4	Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037	4.7	11.662
5	Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746	3.4	615.7
6	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7886.465	5.7	169.701
7	Polygon	0	القنفذة	240938	46385	7470.295	5.4	32.253
8	Polygon	0	الليث	110449	17386	12173.594	8.8	9.073
9	Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673	4.9	6.328
10	Polygon	0	رنية	44276	7118	21489.863	15.5	2.06
11	Polygon	0	الخرمة	39053	6860	13197.764	9.5	2.959

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

أي أن أعلي كثافة سكانية توجد في محافظة جدة بقيمة ٦١٥.٧ نسمة/كم^{٢} بينما أقل كثافة قيمتها ٢.٠٦ نسمة/كم^{٢} في محافظة رنية.

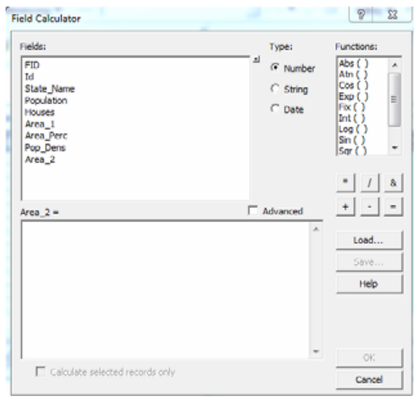
الحسابات بلغة الفيجوال باسيك:

الأمثلة السابقة تضمنت تنفيذ معادلة واحدة فقط لحساب قيمة معينة (النسبة المئوية أو الكثافة السكانية). أما إذا كانت العملية الحسابية المطلوب تنفيذها تتكون من عدد من الخطوات (أو الأوامر) المتتالية فأن هذا سيتطلب البرمجة Programming أي كتابة برنامج مكون من عدة أوامر متتالية.

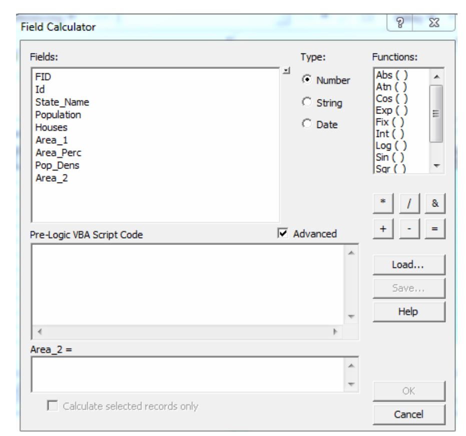
توجد العديد من لغات البرمجة Programming Languages الشهيرة مثل لغات الفورتران Fortran و الباسيك Basic و الفيجوال باسيك Visual Basic ولغة السي C .... و هكذا. تتطلب كل لغة تعلم مفرداتها و أسلوب الكتابة بها لمعرفة أساسياتها و استخداماتها. يدعم برنامج Arc GIS التعامل مع البرامج المكتوبة بلغة الفيجوال باسيك في مكون من مكونات البرنامج يسمي Visual Basic Applications أو اختصارا VBA.

يمكن استخدام أية تطبيقات حسابية مكتوبة بنظام VBA في تنفيذ الحسابات المتقدمة في أمر الحسابات الهندسية Field Calculator:

نقوم بإنشاء عمود جديد وليكن أسمه Area_2 في جدول البيانات غير المكانية لطبقة محافظات منطقة مكة المكرمة (بإحداثيات UTM) ثم نبدأ التعديل Start Editing ثم أمر الحسابات الهندسية Field Calculator:



الآن سنضع علامة صح في المربع الموجود أمام كلمة "متقدم" Advanced فنجد جزء المعادلة قد تم تقسيمه إلي جزأين: الأعلى Pre-Logic VBA Script Code لكتابة خطوات الحسابات المطلوبة بلغة الفيجوال باسيك، الجزء الأسفل لكتابة اسم برنامج الفيجوال باسيك نفسه:



كمثال: لعمل برنامج فيجوال باسيك يقوم بحساب مساحة المضلعات فأنـه سيتكون من الخطـوات (الأوامر) التالية:

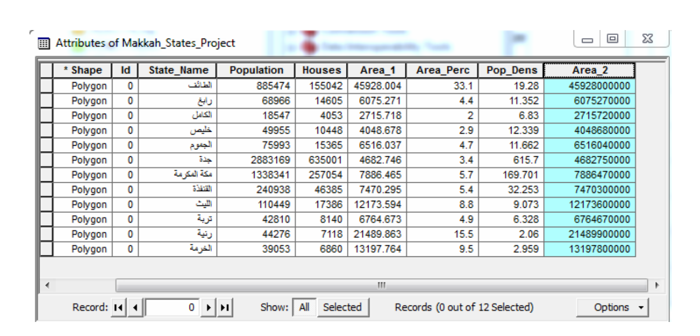
```
Dim dblArea as double
Dim pArea as IArea
Set pArea = [shape]
dblArea = pArea.area
```

وسيكون أسمه: dblArea

ننسخ هذه الأوامر في نافذة الحسابات كالتالي:



ثم نضغط OK فنجد العمود الجديد Area_2 قد أصبح يحتوي مساحة المضلعات (المحافظات) بوحدات المتر المربع:



Attributes of Makkah_States_Project

* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1	Area_Perc	Pop_Dens	Area_2
Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004	33.1	19.28	45928000000
Polygon	0	رابغ	68966	14605	6075.271	4.4	11.352	6075270000
Polygon	0	الكامل	18547	4053	2715.718	2	6.83	2715720000
Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678	2.9	12.339	4048680000
Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037	4.7	11.662	6516040000
Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746	3.4	615.7	4682750000
Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7886.465	5.7	169.701	7886470000
Polygon	0	القنفذة	240938	46385	7470.295	5.4	32.253	7470300000
Polygon	0	الليث	110449	17386	12173.594	8.8	9.073	12173600000
Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673	4.9	6.328	6764670000
Polygon	0	رنية	44276	7118	21489.863	15.5	2.06	21489900000
Polygon	0	الخرمة	39053	6860	13197.764	9.5	2.959	13197800000

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 12 Selected) Options

أما في حالة حساب محيط مضلع Perimeter فأن أوامر برنامج الفيجوال باسيك ستكون:

```
Dim dblPerimeter as double
Dim pCurve as ICurve
Set pCurve = [shape]
dblPerimeter = pCurve.Length
```

وسيكون اسم البرنامج ذاته : dblPerimeter

هذه مجرد أمثلة بسيطة لتطبيقات الفيجوال باسيك VBA في الحسابات داخل برنـامج Arc GIS، وان كانت هذه الأداة تتيح للمستخدم إمكانيـات هائلـة في البرمجـة داخل البرنـامج - لمن سيتعلم أساسيات لغة الفيجوال باسيك للبرمجة – مثل إنشاء أيقونات جديدة و أدوات جديدة داخل برنامج Arc Toolbox .... وهكذا.

الفصل السابع

معالجة ملفات الطبقات و المرئيات

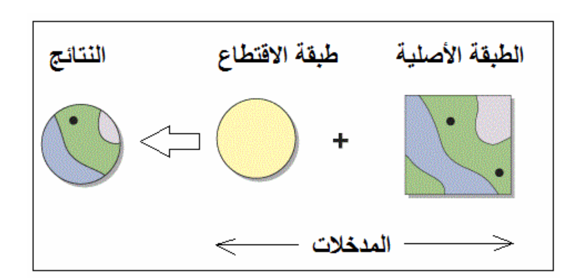
٧-١ مقدمة

يتناول هذا الفصل طرق معالجة ملفات نظم المعلومات الجغرافية سواء الطبقات المتجهة vector data مثل الطبقات ، أو الملفات الشبكية raster data مثل المرئيات الفضائية و نماذج الارتفاعات الرقمية. تشمل طرق المعالجة عمليات الاقتطاع من الملفات و دمج الملفات و تقسيم الملفات بالإضافة إلي التحويل بين أنواع الطبقات. كذلك سيتم التعرض لنوعين من أشهر أنواع الملفات الشائعة (ملفات الأوتوكاد و ملفات الجوجل ايرث) و كيفية التعامل معهما في إطار نظم المعلومات الجغرافية. سنكتفي في هذا الفصل بالتعامل مع بعض الطرق والأوامر الرئيسية لمعالجة الملفات حيث أن برنامج Arc GIS يشمل الكثير من أدوات معالجة الملفات ولا يمكن شرحها بالكامل في فصل واحد.

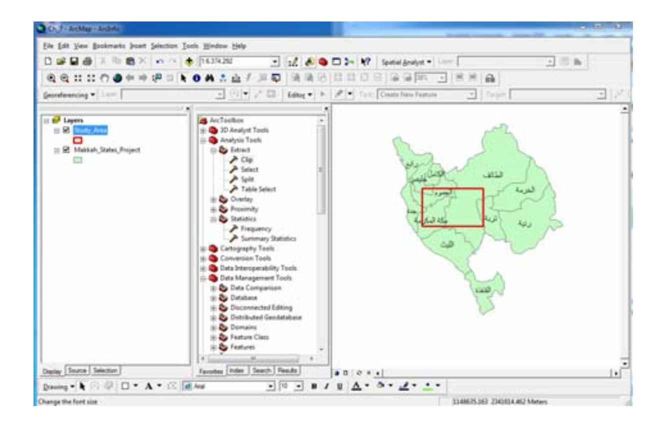
٧-٢ الاقتطاع

٧-٢-١ الاقتطاع من طبقة Clip

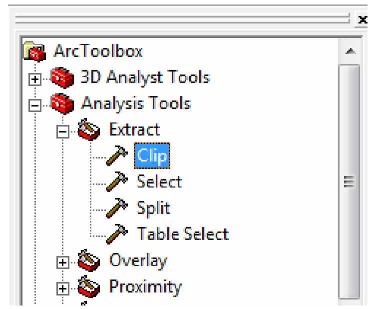
الهدف من عملية الاقتطاع Clip هو قطع جزء من طبقة بناءا علي حدود طبقة أخري، ليكون الناتج هو ظاهرات الطبقة الأولي الواقعة فقط داخل حدود الطبقة الثانية:



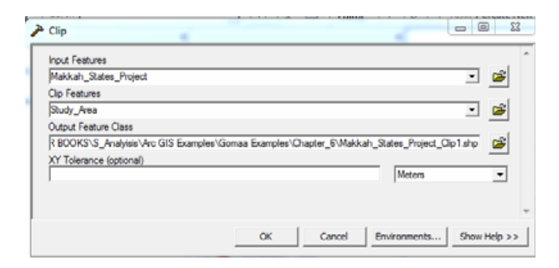
مثال:
إذا كان لدينا طبقة Study_Area تمثل حدود منطقة الدراسة ونريد أن نعرف المحافظات الواقعة داخل هذه المنطقة:



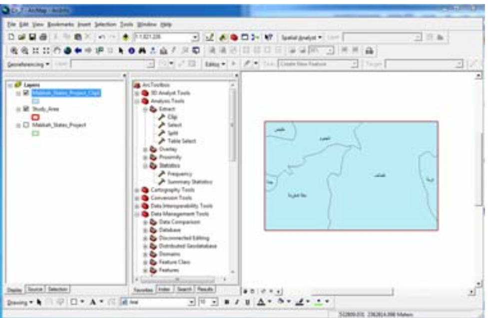
نستخدم أداة الاقتطاع Clip من مجموعة أدوات القطع Extract من مجموعة أدوات التحليل المكاني Analysis Tools :



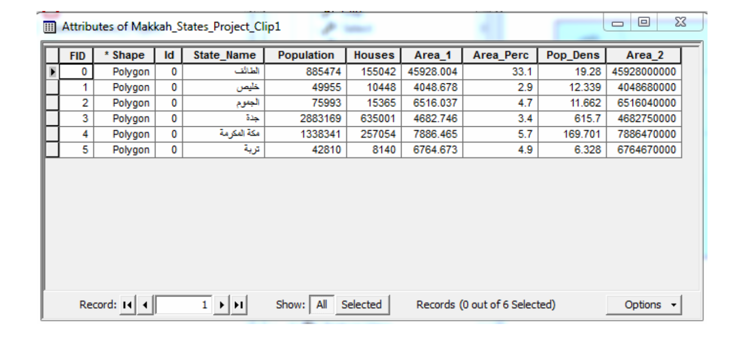
في السطر الأول Input Features نحدد الطبقة المدخلة (التي سيتم القطع منها) وهي طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية، وفي السطر الثاني Clip Features نحدد طبقة القطع (التي سيتم القطع بناءا عليها) وهي طبقة منطقة الدراسة، وفي السطر الثالث نحدد اسم الطبقة الناتجة Output Feature Class والتي يقترح البرنامج لها اسم Makkah_States_Project_Clip1 (أي اسم الطبقة الأولى مضافا إليه كلمة Clip1) ويمكننا الموافقة على هذا الاسم المقترح أو تغييره:



بالضغط على OK تظهر الطبقة الناتجة:



ويكون جدول البيانات غير المكانية للطبقة الجديدة مماثلا لجدول الطبقة الأصلية (نفس الأعمدة المقابل للمحافظات الواقعة داخل منطقة الدراسة (طبقة القطع):



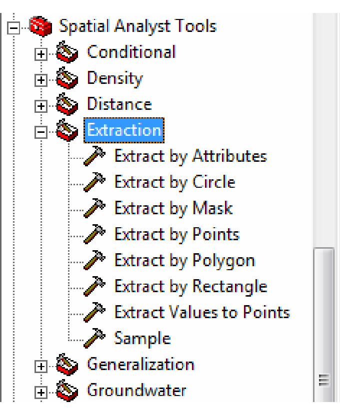
Attributes of Makkah_States_Project_Clip1

FID	* Shape	Id	State_Name	Population	Houses	Area_1	Area_Perc	Pop_Dens	Area_2
0	Polygon	0	الطائف	885474	155042	45928.004	33.1	19.28	45928000000
1	Polygon	0	خليص	49955	10448	4048.678	2.9	12.339	4048680000
2	Polygon	0	الجموم	75993	15365	6516.037	4.7	11.662	6516040000
3	Polygon	0	جدة	2883169	635001	4682.746	3.4	615.7	4682750000
4	Polygon	0	مكة المكرمة	1338341	257054	7886.465	5.7	169.701	7886470000
5	Polygon	0	تربة	42810	8140	6764.673	4.9	6.328	6764670000

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 6 Selected) Options

٧-٢-٢ الاقتطاع من مرئية Extract

يتيح برنامج Arc Toolbox عدة أدوات للاقتطاع من الملفات الشبكية Raster من خلال مجموعة أدوات الاقتطاع Extraction من مجموعة أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools :



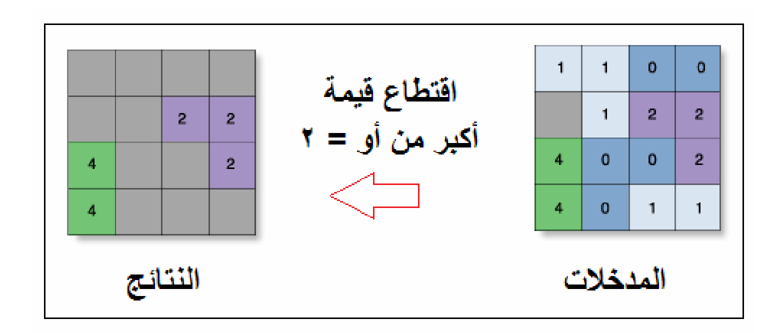
وبصفة عامة فأن وظائف الأدوات المختلفة للاقتطاع هي:

الأداة	الوظيفة
Extract by Attribute	الاقتطاع بقيمة محددة من قيم الخلايا
Extract by Circle	الاقتطاع بدائرة
Extract by Mask	الاقتطاع بطبقة
Extract by Points	الاقتطاع بمجموعة نقاط
Extract by Polygon	الاقتطاع بمضلع
Extract by Rectangle	الاقتطاع بمستطيل
Extract Values to Points	اقتطاع قيم خلايا المرئية إلي مجموعة نقاط
Sample	استخراج جدول نصي لقيم الخلايا

وسنطبق هنا بعضا من هذه الأدوات:

الاقتطاع باستخدام قيمة محددة Extract by Attribute :

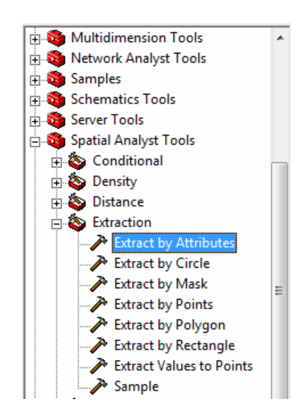
تهدف هذه الأداة لاقتطاع أجزاء من ملف شبكي بناءا علي قيمة محددة من قيم خلايا الشبكة ذاتها:



غالبا تستخدم هذه الأداة للاقتطاع من ملفات نماذج الارتفاعات الرقمية حيث أن قيمة كل خلية تعبر عن متوسط الارتفاع (المنسوب) بها، فيمكن عمل اقتطاع لمنسوب معين لمزيد من الدراسة عن تضاريس سطح الأرض. سنستخدم في المثال الحالي نموذج ارتفاعات رقمية عالمية من نوع SRTM3 لمدينة مكة المكرمة (أنظر الفصل الحادي عشر) والذي يمكن تحميله من رابط تمارين الكتاب في:

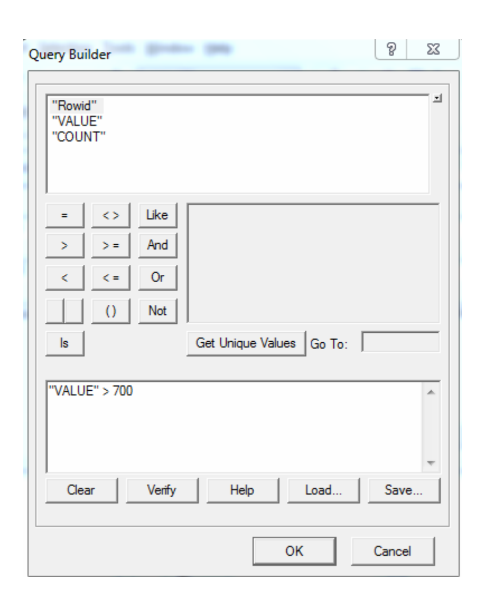
https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

بعد إضافة مرئية نموذج الارتفاعات الرقمية للمشروع سنقوم بتشغيل أداة Extract By Attribute :

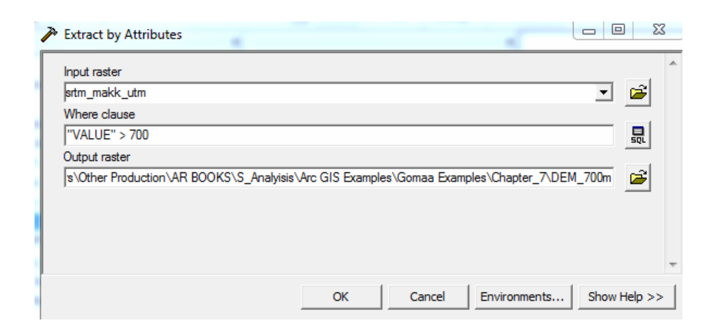


في السطر الأول Input Raster نحدد الطبقة المدخلة (الأصلية) التي سيتم الاقتطاع منها وهي srtm_makk_utm (بعد تحويل نظام إحداثياتها إلي UTM) ثم نضغط أيقونة طريقة الاختيار SQL الموجودة بجوار السطر الثاني:

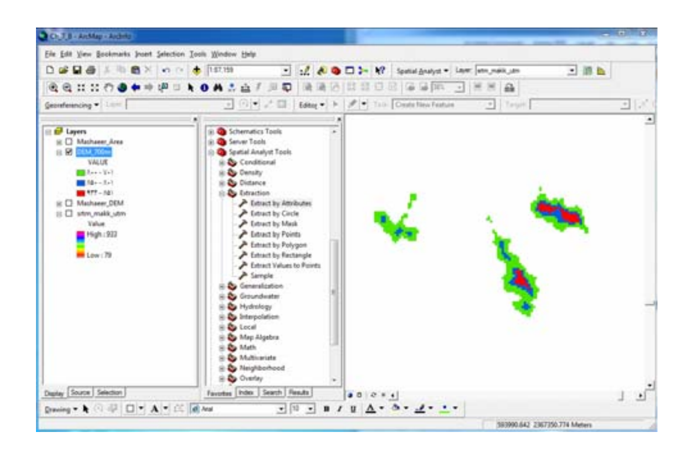
سنجد أن الطبقة بها ٣ بيانات وأهمهم هو قيمة الخلية Value فنضغط عليها دوبل كليك (لاحظ أنها ستنتقل إلي جزء المعادلة الأسفل) ثم نضغط دوبل كليك علي أيقونة "أكبر من أو يساوي" >= ثم نكتب الرقم ٧٠٠ (من لوحة المفاتيح):



أي أننا نريد اقتطاع الخلايا التي لها قيمة (منسوب) أكبر من أو يساوي ٧٠٠ متر، ثم نضغط OK فنعود للنافذة الأولي ونجد الشرط قد تم إضافته للسطر الثاني. في السطر الثالث Output Raster نحدد اسم الطبقة الجديدة وليكن مثلا DEM_700m :

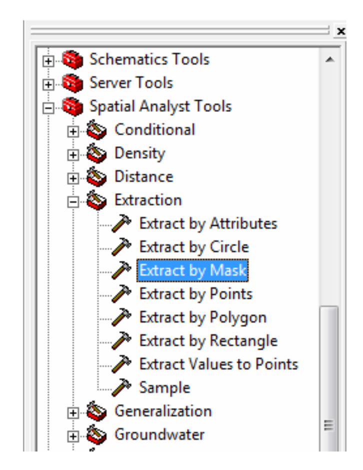


بعد الضغط علي OK سنجد صورة شبكية raster جديدة قد تم إضافتها للمشروع و تمثل تضاريس مكة المكرمة الأكبر (أو الأعلى) من ٧٠٠ متر، أو بمعني آخر أماكن الجبال المرتفعة في مكة المكرمة:

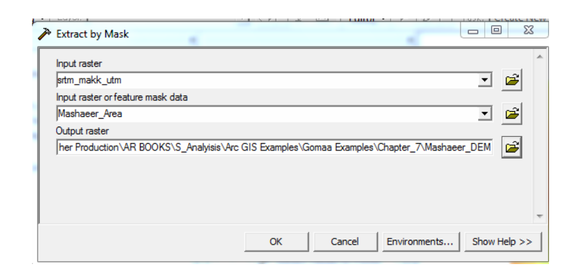


الاقتطاع باستخدام طبقة Extract By Mask :

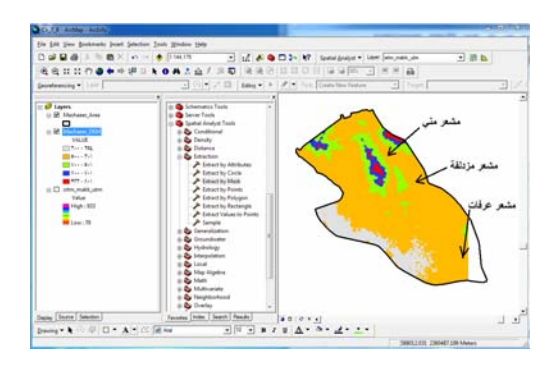
تهدف هذه الأداة لاقتطاع جزء من مرئية بناءا علي حدود طبقة مضلعات:



إذا كان لدينا طبقة مضلعات مثلا تمثل حدود حي المشاعر في مدينة مكة المكرمة ونريد دراسة تضاريس الأرض داخله بالتفصيل: في السطر الأول input raster نحدد المرئية الأصلية (التي سيتم الاقتطاع منها) وهي في هذا المثال نموذج الارتفاعات الرقمية لمكة المكرمة وفي السطر الثاني input raster or feature mask data نحدد اسم طبقة حي المشاعر وفي السطر الثالث output raster نحدد اسم للمرئية الجديدة الناتجة:



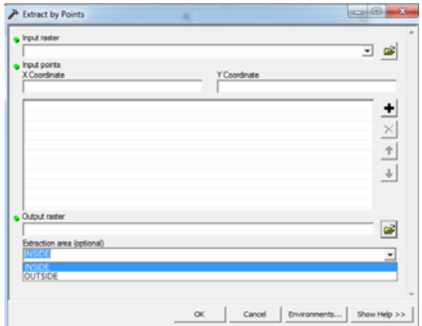
بالضغط علي OK ستنتج لنا مرئية (نموذج ارتفاعات رقمية) جديدة تحتوي فقط تفاصيل تضاريس سطح الأرض داخل حي المشاعر:



الاقتطاع باستخدام مجموعة نقاط Extract By Points :

في هذه الأداة سيتم الاقتطاع بواسطة إحداثيات مجموعة من النقاط (التي تحدد منطقة الاقتطاع)، أي أن إحداثيات النقاط يجب أن تكون معلومة مسبقا.

في السطر الأول input raster نحدد اسم المرئية الأصلية ثم في السطر الثاني input points سيتم إدخال قيم إحداثيات كل نقطة معلومة بالترتيب – نقطة بعد أخري – ثم نحدد اسم المرئية الجديدة في السطر الثالث output raster ، وفي السطر الرابع لدينا خياران: إما أن يتم الاقتطاع للحدود داخل النقاط INSIDE أو يتم الاقتطاع للحدود خارج النقاط OUTSIDE:



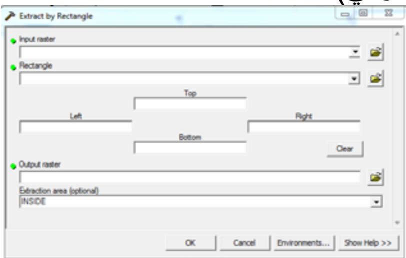
يجب مراعاة أن يتم إدخال إحداثيات النقاط بالترتيب إما مع اتجاه عقرب الساعة أو ضده.

الاقتطاع باستخدام مضلع Extract By Polygon :

تشبه هذه الأداة تقريبا الأداة السابقة.

الاقتطاع باستخدام مستطيل Extract By Rectangle :

تشبه هذه الأداة تقريبا الأداة السابقة إلا أن المضلع هنا هو عبارة عن شكل المستطيل ولذلك فيتم فقط تحديد حدود هذا المستطيل من حيث حده العلوي Top (دائرة العرض الشمالية) وحده السفلي Bottom (دائرة العرض الجنوبية) وحده الأيسر Left (خط الطول الغربي) وحده الأيمن Right (خط الطول الشرقي):



استخراج قيم نقاط Extract Values to Points :

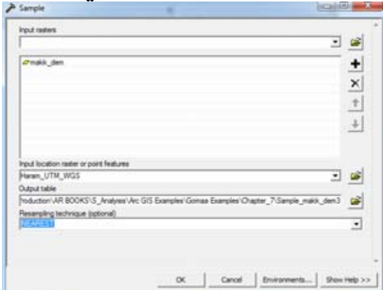
تهدف هذه الأداة لتحديد القيمة من مرئية المناظرة لمواقع بعض النقاط، وستكون النتائج في طبقة.

استخراج قيم نقاط Sample :

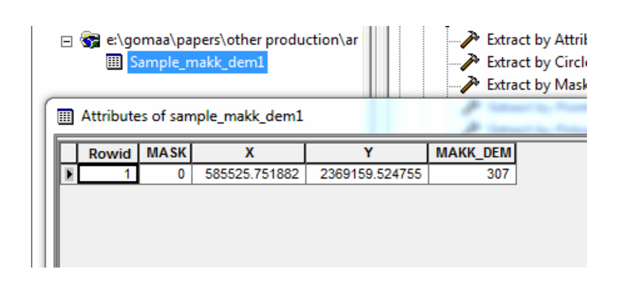
تماثل هذه الأداة سابقتها إلا أن النتائج ستكون في جدول Table وليس في طبقة، كما أنها تقبل عدة مرئيات وليس مرئية واحدة:

مثلا إذا كلن لدينا نقطة تمثل موقع الحرم المكي الشريف (إحداثياتها علي نظام UTM تقريبا هي: X = ٥٨٥٦٢٢ متر، Y = ٢٣٦٩١٥٠ متر) وهي مخزنة في طبقة نقاط ونريد معرفة قيمة منسوبها من مرئية ملف الارتفاعات الرقمية المتوافر لدينا:

في السطر الأول Input Raster نحدد اسم المرئية (نموذج الارتفاعات الرقمية في مثالنا الحالي) وفي السطر الثاني Input location raster or point feature نحدد اسم الطبقة التي تحتوي النقطة أو النقاط المطلوب حساب قيمتها من المرئية (نقطة الحرم الشريف في المثال الحالي) وفي السطر الثالث نحدد اسم للجدول الذي سيحتوي النتائج. يحتوي السطر الرابع علي عدة طرق حسابية للاستنباط، سنترك الطريقة الأولي Nearest كما هي:

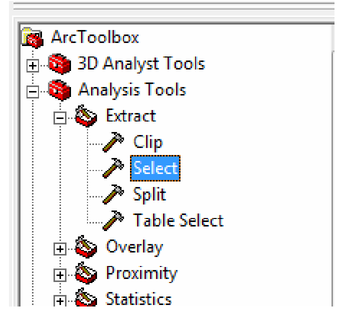


فإذا أضفنا الجدول الناتج إلي المشروع و فتحناه سنجد أنه صورة طبق الأصل من بيانات الطبقة الأصلية (نفس الأعمدة) إلا أنه يحتوي علي عمود جديد أسمه هو أسم المرئية المستخدمة والقيمة التي بداخله (٣٠٧) هي قيمة منسوب النقطة، أي منسوب الحرم الشريف كما تم استنباطه من نموذج الارتفاعات الرقمية الأصلي:



٧-٣ الاختيار من طبقة Select

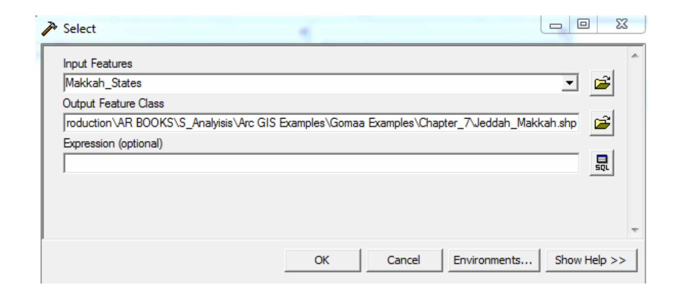
تتيح هذه الأداة اختيار معالم معينة أو محددة من طبقة و تخزينها في طبقة جديدة.



مثال ١:

في طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية نريد أن نستخرج محافظتي جدة و مكة المكرمة فقط و نجعلهما في طبقة جديدة:

في السطر الأول Input Features نحدد اسم طبقة المحافظات وفي السطر الثاني Output Feature Class نحدد اسم الطبقة الجديدة الناتجة وليكن مثلا Jeddah_Makkah.shp وفي السطر الثالث Expression نريد تحديد شرط للاختيار:



نضغط علي أيقونة الشرط وفي النافذة الجديدة:

من قائمة أسماء أعمدة طبقة المحافظات نضغط دوبل كليك علي اسم العمود State_Name و هو العمود الذي يحتوي أسماء المحافظات (لاحظ أنه سينتقل إلي المعادلة بأسفل النافذة) ثم

نضغط دوبل كليك علي أيقونة [=] وبدلا من كتابة كلمة "مكة المكرمة" بأنفسنا يمكننا الضغط علي أيقونة [Get Unique Values] فتظهر أسماء كل المحافظات فنختار منهم (دوبل كليك) اسم مكة المكرمة. ثم نضغط علي أيقونة [Or] ثم مرة أخري نضغط علي State_Name ونضغط أيقونة [=] ثم نضغط أيقونة [Get Unique Values] فتظهر أسماء كل المحافظات فنختار منهم (دوبل كليك) اسم جدة.

تصبح معادلة الشرط المطلوبة كالتالي:

State_Name = مكة المكرمة **OR** State_Name = جدة

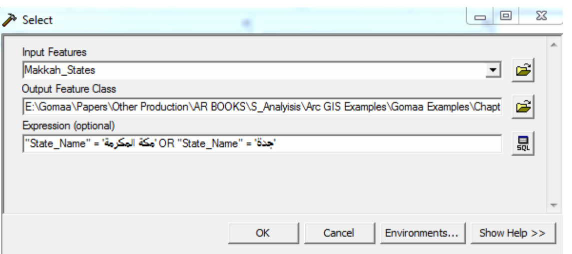
أي:

اسم المحافظة = مكة المكرمة <u>أو</u> اسم المحافظة = جدة

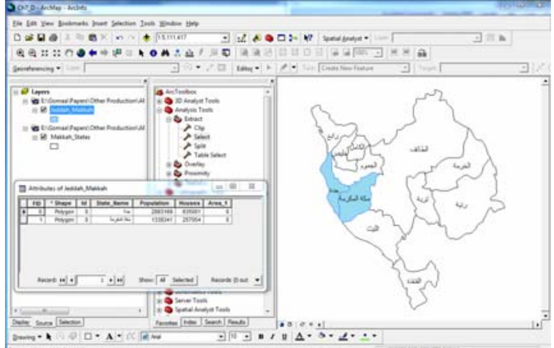
وبذلك فأن البرنامج سيختار محافظة مكة المكرمة (النصف الأول من الشرط) <u>**وأيضا**</u> سيختار محافظة جدة (النصف الثاني من الشرط):



بالضغط علي OK نعود للنافذة السابقة حيث سيكون الشرط المطلوب مكتوبا في السطر الثالث، فنضغط OK:



يتم إضافة الطبقة الجديدة الناتجة وستحتوي فقط علي محافظتي مكة المكرمة و جدة، وسيكون جدول البيانات غير المكانية لهذه الطبقة نسخة طبق الأصل من جدول بيانات الطبقة الأصلية (طبقة المحافظات) إلا أنه سيحتوي سطرين فقط لبيانات كلا من مكة المكرمة و جدة:



<u>مثال ٢:</u>

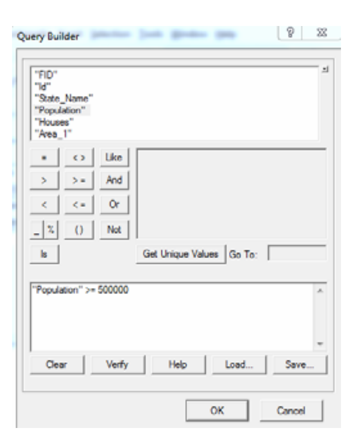
نريد استخراج المحافظات التي يزيد تعداد سكانها عن نصف مليون نسمة ونجعلهم في طبقة جديدة. لاحظ أن عمود عدد سكان المحافظات هو Population:

كرر الخطوات السابقة، لكن <u>الشرط</u> الجديد سيكون:

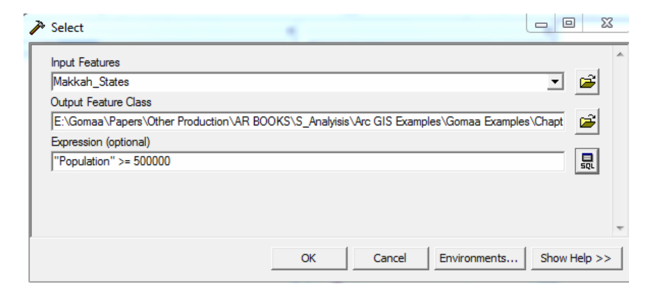
Population >= 500000

أي:

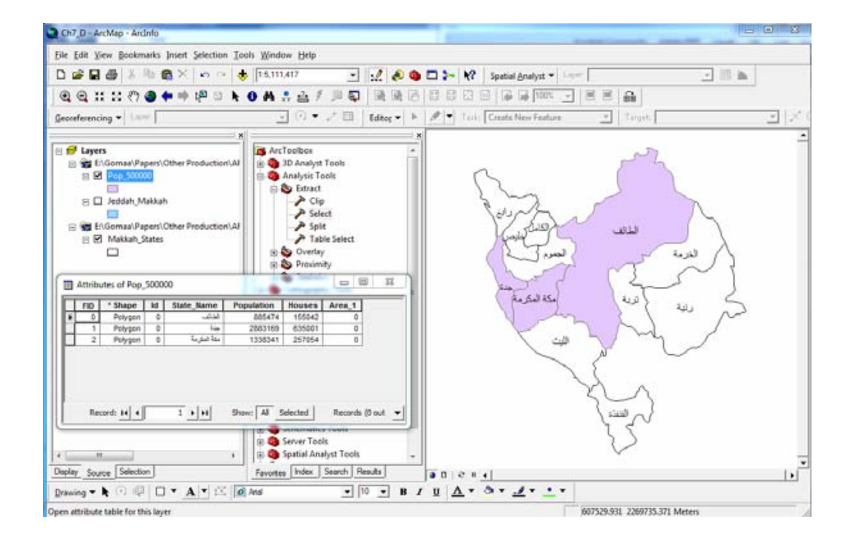
عدد السكان أكبر من أو يساوي ٥٠٠,٠٠٠



أضغط OK :



أضغط Ok. نري الطبقة الجديدة الناتجة تحتوي علي ٣ محافظات <u>فقط</u> (مكة المكرمة و جدة و الطائف) وهي المحافظات التي يزيد عدد سكانها عن نصف مليون نسمة:

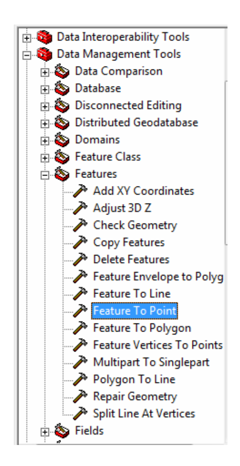


٧-٤ التحويل بين صيغ الملفات

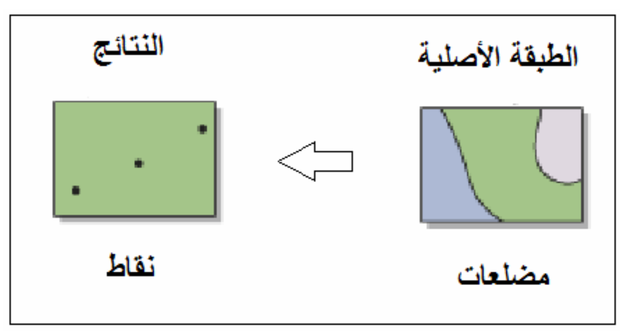
يتيح برنامج صندوق الأدوات Arc Toolbox عدة وسائل للتحويل بين صيغ الملفات و أنواع الطبقات، وهي أدوات يمكن الاستفادة منها في بعض خطوات التحليلات المكانية. وسنتعرض هنا لبعضهم:

تحويل مضلعات إلي نقاط Feature to Point

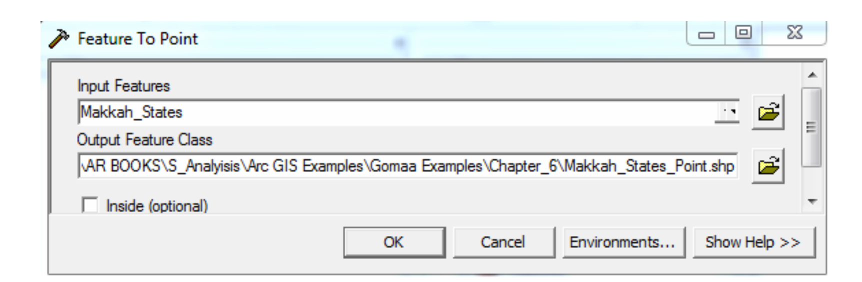
وهي من أدوات الظاهرات Features من أدوات إدارة البيانات Data Management Tools :



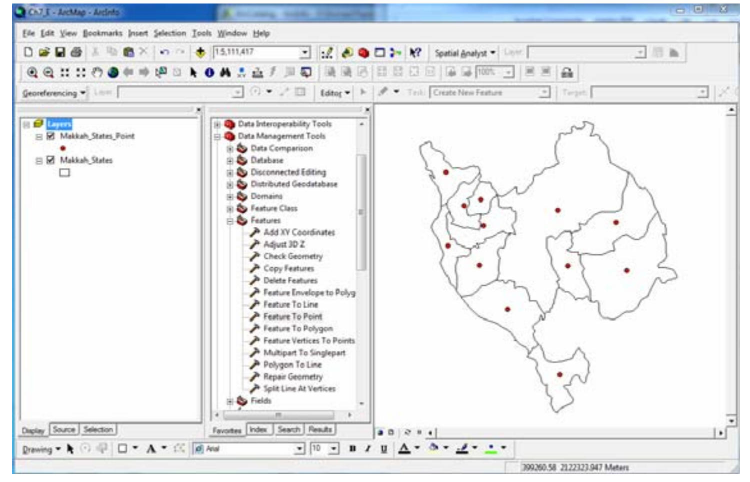
تقوم هذه الأداة بتحويل مضلعات طبقة إلي مجموعة نقاط بحيث تمثل كل نقطة المركز الهندسي للمضلع المقابل:



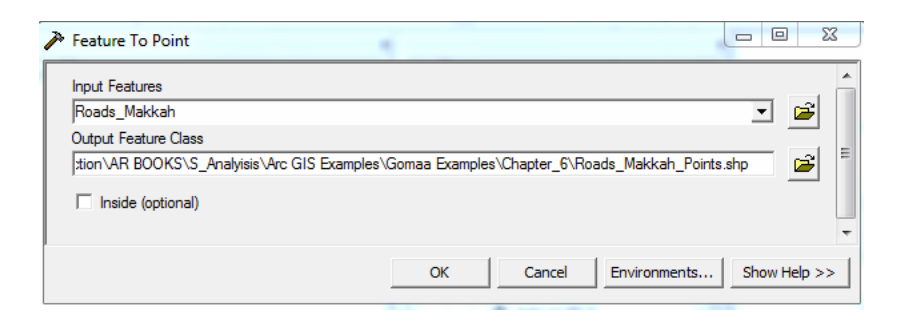
في السطر الأول Input Features نحدد اسم طبقة المضلعات الأصلية (مثلا طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Feature Class نحدد اسم للطبقة الجديدة (طبقة النقاط):



يـتم إضــافة طبـقة النقـاط الجديـدة للمـشروع وتكـون كـل نقطـة فـي المركـز الهندسـي للمـضلع (المحافظة) المناظرة لها:

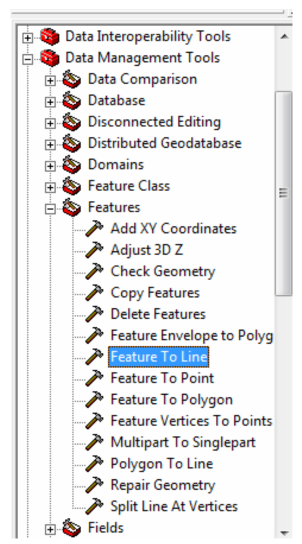


يمكن أيضا استخدام نفس الأداة مع طبقة خطوط (كمثال طبقة الطرق الرئيسية لمنطقة مكة المكرمة الإدارية) بحيث تكون طبقة النقاط الناتجة مكونة من مجموعة نقاط تمثل منتصف كل خط (كل طريق) من الخطوط الأصلية:

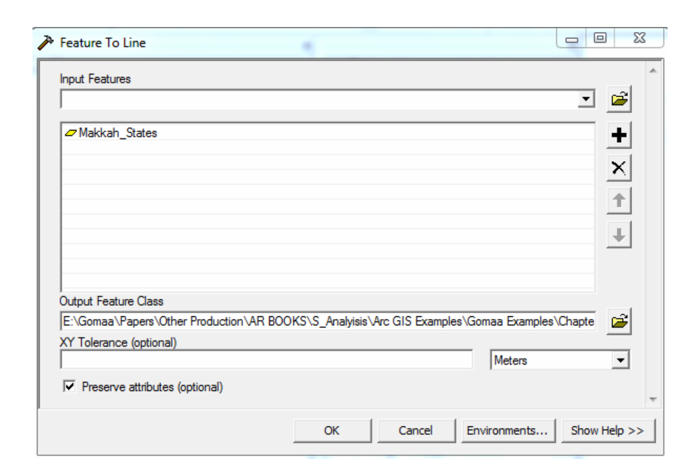


تحويل خطوط إلي نقاط Feature to Line

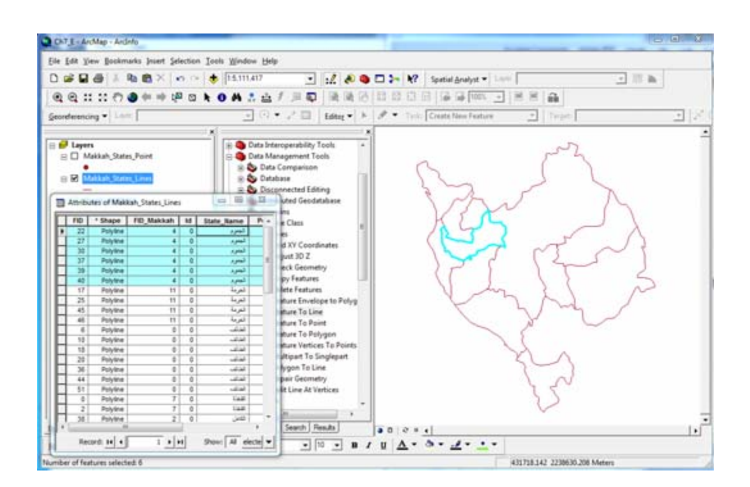
تقوم هذه الأداة بتحويل خطوط مضلعات إلي مجموعة خطوط تمثل حدود المضلعات الأصلية، وهــي أيــضا مــن أدوات الظــاهرات Features مــن أدوات إدارة البيانــات Data Management Tools :



في السطر الأول Input Features نحدد اسم طبقة المضلعات الأصلية (مثلا طبقة محافظات منطقة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Feature Class نحدد اسم للطبقة الجديدة (طبقة الخطوط):

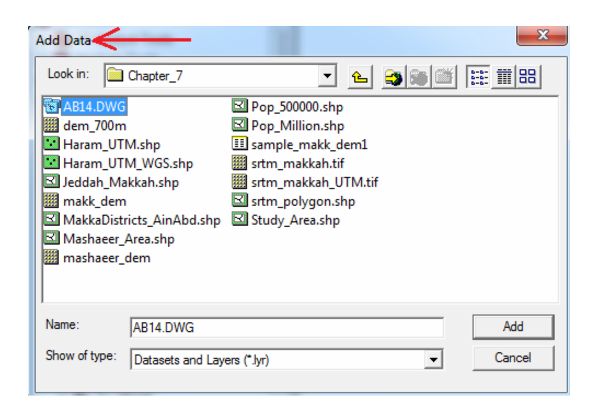


يتم إضافة طبقة الخطوط الجديدة للمشروع، فمثلا فأن حدود محافظة الجموم قد تحولت من مضلع إلي ٦ خطوط. أما الطبقة كلها فقد تكونت من ٥٢ خط يمثلون المحافظات الثلاثة عشر لمنطقة مكة المكرمة الإدارية:

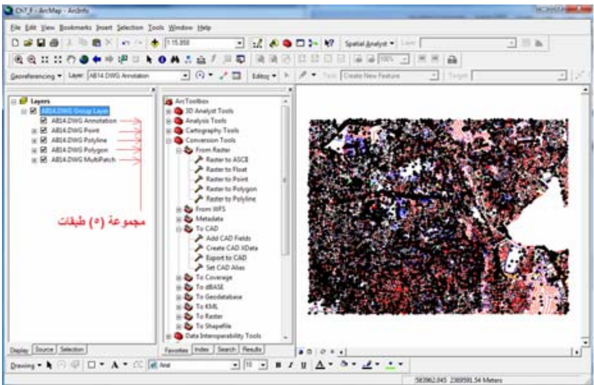


٧-٥ التعامل مع ملفات الأوتوكاد

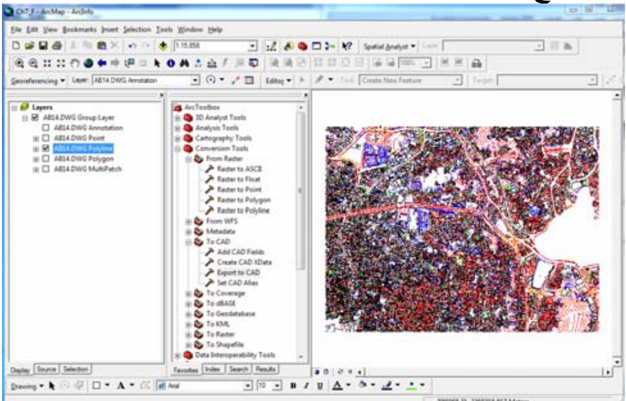
يعد برنـامج الأوتوكـاد من أشـهر بـرامج الرسـومات الهندسـية (المخططـات التفصيلية) وأكثـرهم انتشارا منذ عدة سنوات في الدول العربية. قديما كان برنـامج Arc GIS لا يتعامل مباشرة مع ملفات الأوتوكـاد الأصلية – ذات الصيغة أو الامتداد dwg – بل مع صيغة أخرى من صيغ الأوتوكـاد تسمى صيغة dxf، وكنا نضطر لتصدير ملفات dwg الأصلية إلي ملفات dxf ليفهمها Arc GIS. في الإصدارات الجديدة (٩ و أعلى) من Arc GIS أصبح من الممكن مباشرة فتح ملفات الأوتوكاد الأصلية dwg داخل برنامج Arc Map من خلال أمر إضافة البيانات Add Data:



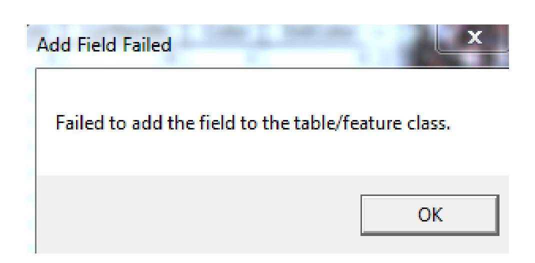
لكن لاختلاف طريقة الرسم داخل كلا من Arc Map و الأوتوكـاد فأن ملف الأوتوكـاد الواحد عند فتحه داخل Arc Map يكون مكونـا من ٥ طبقات فرعية للنقاط و الخطوط و المضلعات والأسماء و المواصفات الأخرى:



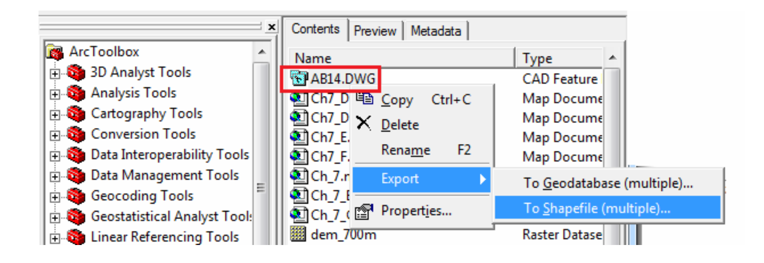
مثل الطبقات العادية فنستطيع إخفاء أو إظهار محتويات طبقة محددة من هذه الطبقات الخمسة:



أما إذا حاولنا إضافة عمود جديد داخل أي طبقة من هذه الطبقات الخمسة فلن يستطيع برنامج Arc Map تنفيذ هذه العملية وسيعطي رسالة خطأ:

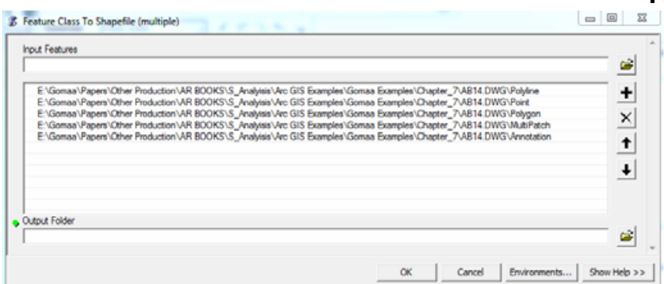


و هنا يمكن الحل في تحويل طبقات مل الأوتوكاد إلي طبقات Arc GIS ليمكن التعديل عليها و الاستفادة القصوى في التعامل معها. ويمكن ذلك باستخدام برنامج Arc Catalogue كالتالي:

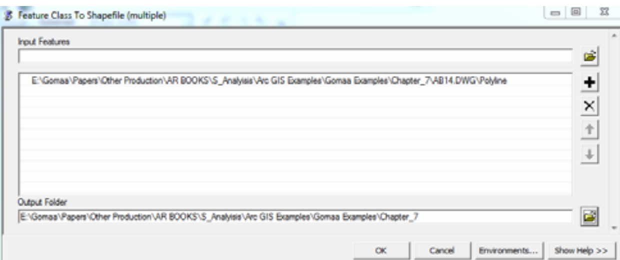


نضغط بالماوس الأيمن علي اسم ملف الأوتوكاد ثم نختار أمر تصدير Export ومنها أمر التصدير إلي طبقات محدده To Shapefiles (Single) و هو الأمر الذي يسمح لنا باختيار طبقة الأوتوكاد (من طبقاته الخمسة) المطلوب تصديرها إلي طبقة Arc GIS :

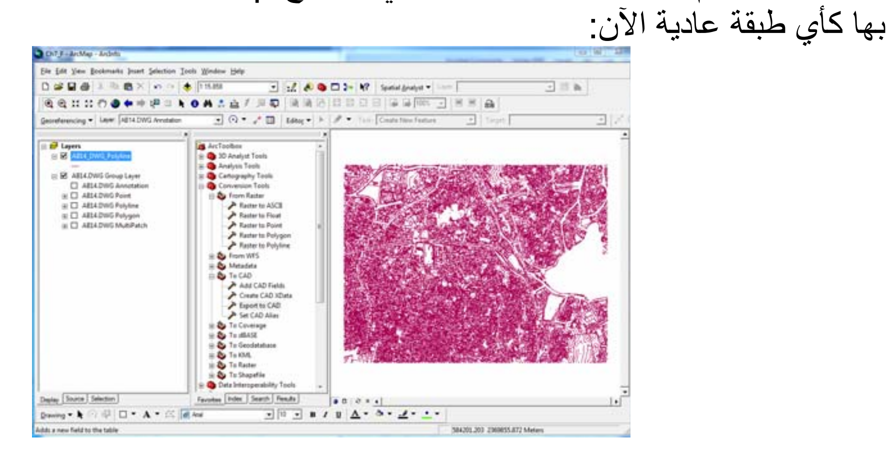
يعطي الأمر قائمة بأسماء الطبقات الخمسة الموجودة في ملف الأوتوكاد، فان أردنا تصديرهم جميعا إلي ٥ طبقات أيضا فنحدد اسم المجلد الذي سيتم التصدير بداخله (في السطر الثاني Output Folder.



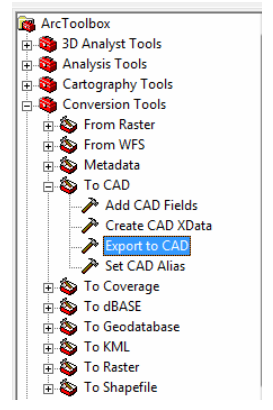
أما إذا أردنا تصدير طبقة أوتوكاد محدده فنظلل الطبقات الأخرى بالماوس (واحدة بعد أخرى) ثم نضغط أيقونة الحذف ✕ (من يمين النافذة) حتى نترك الطبقة المطلوبة فقط، ثم نحدد اسم مجلد التصدير:



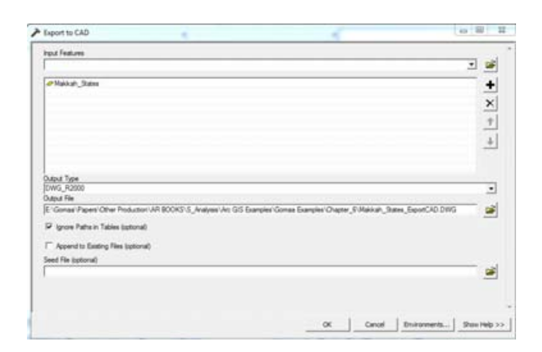
ونضغط OK ثم نضيف الطبقة الجديدة إلي برنـامج Arc Map ونبدأ التعامل معها و التعديل بها كأي طبقة عادية الآن:



أما لتحويل طبقة Arc GIS إلي ملف أوتوكـاد فنستخدم أداة Export to CAD من مجموعـة أدوات التحويل Conversion Tools :

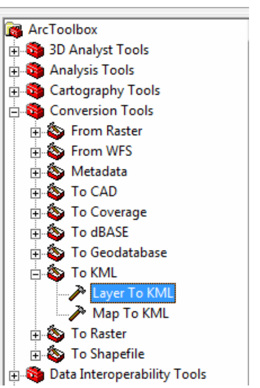


ونحـدد اسم الطبقة المطلوبـة في السطر الأول Input Features ونحـدد إصـدار الأوتوكـاد المطلوب (برنـامج الأوتوكاد مثله مثل أي برنـامج كمبيوتر له عدة إصدارات أو نسخ) في السطر الثاني Output Type ثم نحدد اسم ملف الأوتوكاد الناتج في السطر الثالث Output File:



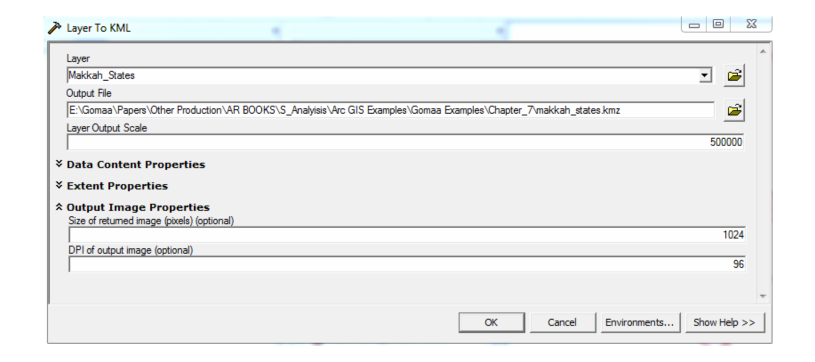
٧-٦ تصدير طبقة إلي برنامج جوجل ايرث KML

أصبح برنامج الجوجل ايرث Google Earth من أشهر برامج الانترنت لعرض المرئيات الفضائية لأي منطقة علي سطح الأرض. في حالة أننا نريد عرض بيانات طبقة Shapefile علي برنامج الجوجل ايرث (بحيث تكون المرئيات كخلفية لمعالم الطبقة) فنحتاج لأداة التصدير KML to Layer من مجموعة أدوات KML To من أدوات التحويل Conversion Tools :

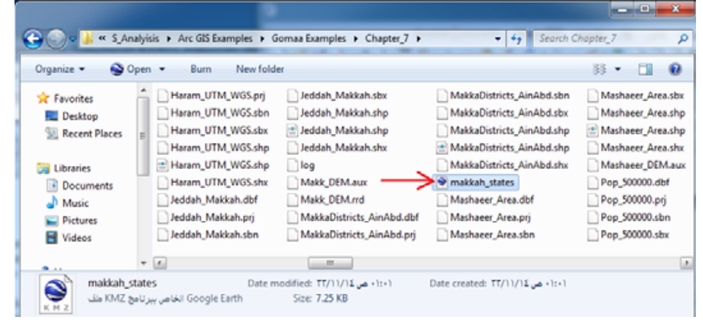


ملحوظة: أصبحت هذه الأداة متاحة في برنامج Arc GIS بدءا من الإصدار ٩.٣ فقط ولم تكن موجودة في الإصدارات السابقة، وكنا فيما قبل نعتمد علي برامج أخري لتحويل الطبقات إلي ملفات جوجل ايرث (ملفات الامتداد KML).

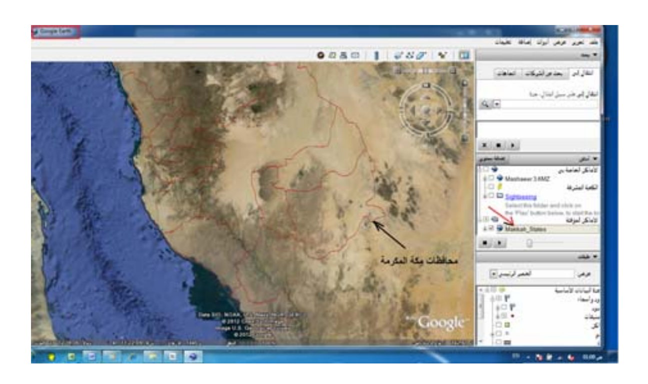
في السطر الأول Layer نحدد اسم الطبقة المراد تصديرها وفي المثال الحالي سنحدد اسم ملف محافظات منطقة المكرمة المكرمة، وفي السطر الثاني Output File نحدد اسم لملف الجوجل ايرث الناتج، وفي السطر الثالث Layer Output Scale نحدد مقياس الرسم لملف الجوجل ايرث (نكتب ٥٠٠٠٠٠ فقط وليس ١ : ٥٠٠٠٠٠):



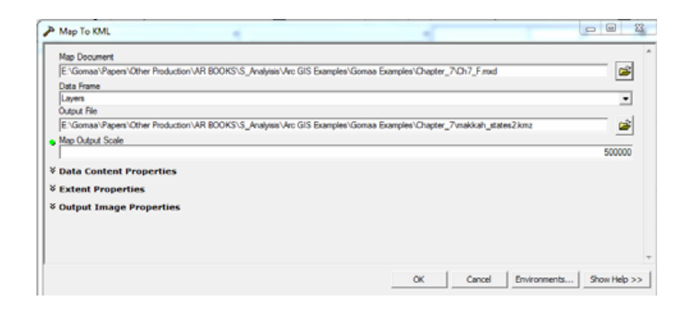
بالضغط علي OK يصبح لدينا ملف KML الخاص ببرنامج الجوجل ايرث:



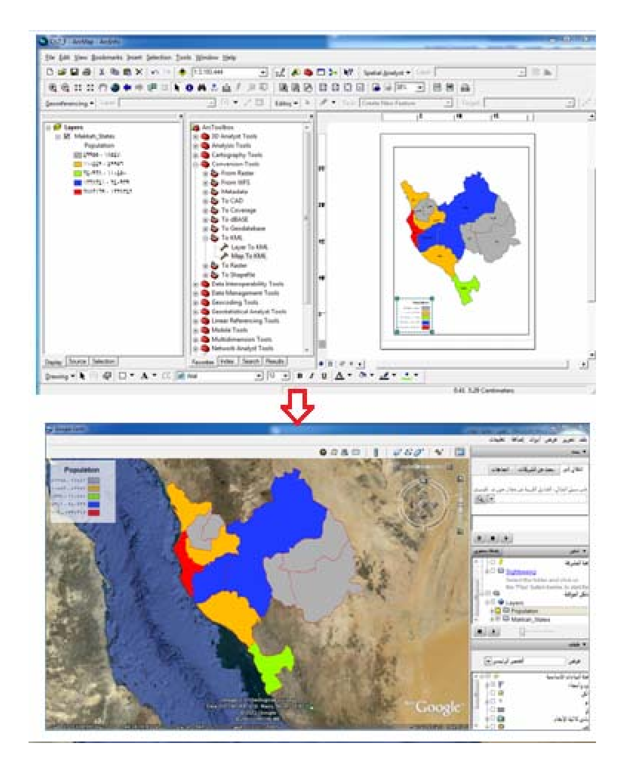
بعد الاتصال بشبكة الانترنت نقوم بالضغط دوبل كليك علي هذا الملف فيقوم الكمبيوتر بفتح برنامج الجوجل ايرث (بالطبع لا بد أن مثبت أساسا لدينا علي الكمبيوتر) ويقوم بعرض الملف الذي يمثل محافظات منطقة مكة المكرمة الإدارية:



أما في حالة تصدير ملف المشروع ذاته (لعرض طريقة ترميز الطبقات Symbology مثلا) فسنستخدم وبنفس الطريقة أداة Map to KML :



فيتم عرض الخريطة و ترميزها (كما هو في Arc Map) علي الجوجل ايرث:

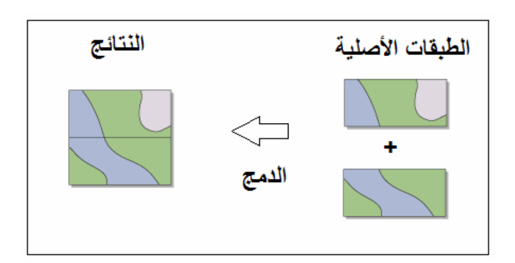


٧-٧ الدمج

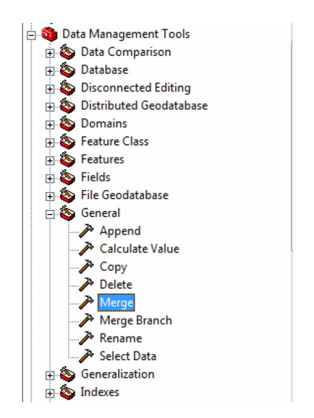
تعد عملية الدمج عكس عملية الاقتطاع، ففيها يدمج عدة طبقات خطية vector أو ملفات شبكية raster في ملف مدمج واحد.

٧-٧-١ دمج طبقات Merge

لدمج طبقتين (أو أكثر) في طبقة واحدة:

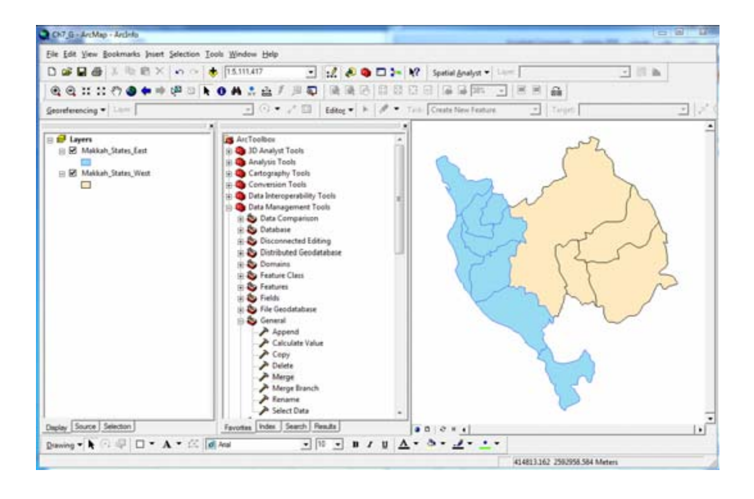


نستخدم للطبقات أداة الدمج من مجموعة الأدوات العامة General من مجموعة أدوات إدارة البيانات Data Management Tools :

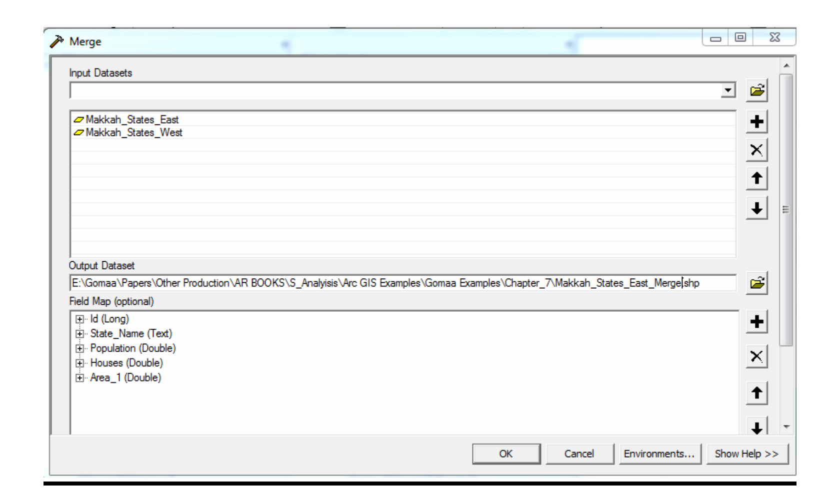


مثال:

لدينا طبقة Makkah_States_East تمثل المحافظات الشرقية في منطقة مكة المكرمة و طبقة أخرى Makkah_States_West تمثل المحافظات الغربية للمنطقة:



نستخدم أداة الدمج: نحدد في السطر الأول Input Features كلا من الطبقتين المطلوبتين ثم نحدد في السطر الثاني Output Dataset اسم الطبقة الجديدة الناتجة:



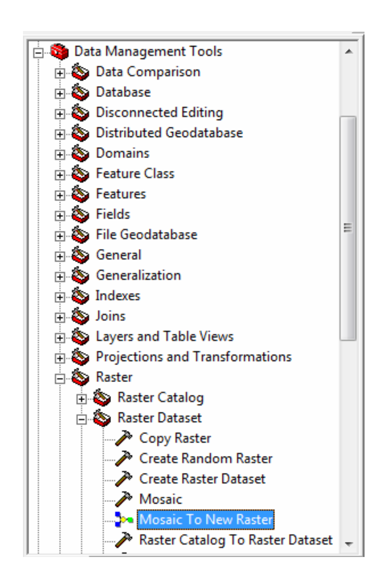
فنحصل علي طبقة تضم كل محافظات منطقة مكة المكرمة.

٧-٧-٢ دمج ملفات شبكية Mosaic

لدمج ملفين شبكيين raster (أو أكثر) مثل المرئيات الفضائية أو نماذج الارتفاعات الرقمية في ملف شبكي واحد:

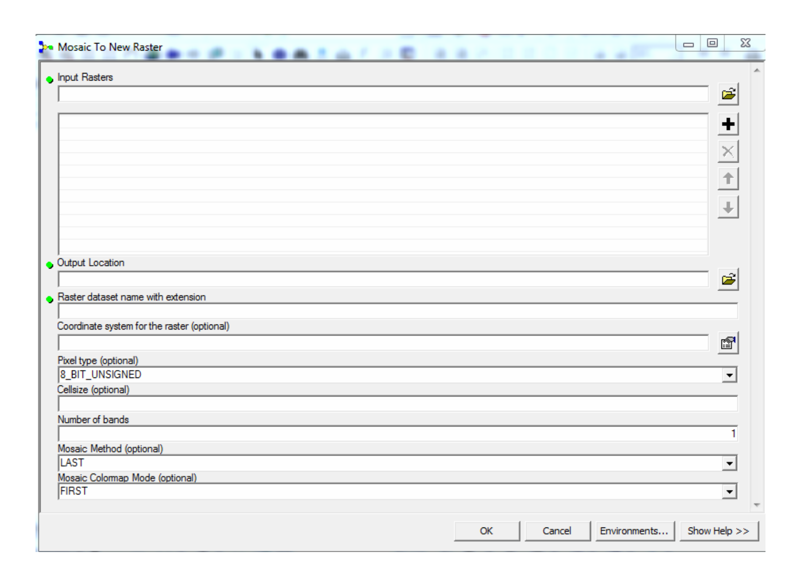
في حالة كون ملف النتائج موجود بالفعل: نستخدم أداة Mosaic .

في حالة إنشاء ملف جديد للنتائج: نستخدم أداة Mosaic to New Raster من مجموعة أدوات الملفات الشبكية Raster Dataset من مجموعة أدوات الشبكات Raster من مجموعة إدارة أدوات البيانات Data Management Tools :



نحدد في السطر الأول Input Raster المرئيات المطلوب دمجهم، ونحدد في السطر الثاني Output Location اسم المجلد الذي سيضم المرئية الناتجة، وفي السطر الثالث Raster

dataset name with extension نحدد اسم و امتداد المرئية الناتجة بعد الدمج، وفي السطر الرابع Coordinate system for the raster نحدد المرجع الجغرافي للمرئية الناتجة (في حالة أننا نريده مختلفا عن المرجع الجغرافي للمرئيات الأصلية)، وفي السطر التالي Cell Size نحدد حجم الخلية المطلوب للمرئية الجديدة (في حالة أننا نريده بقيمة مختلفة عن حجم خلية المرئيات الأصلية)، وفي السطر التالي Number of Bands نحدد عدد نطاقات المرئية الجديدة (الأفضل أن يكون ٣ نطاقات):



الفصل الثامن

التحليل المكاني للظاهرات النقطية

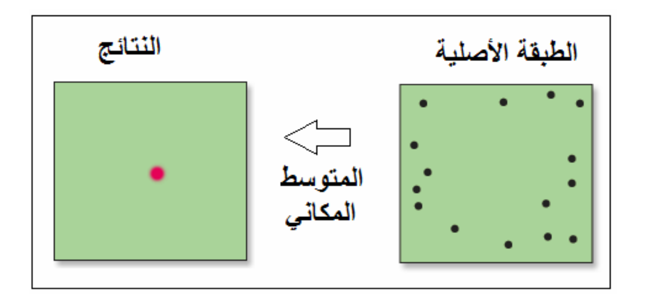
٨-١ مقدمة

واقعيا يمكن تمثيل العديد من المعالم و الظاهرات المكانية كارتوجرافيا علي هيئة نقاط (مع إهمال الامتداد المكاني لها)، مثل معالم المدارس في حي أو مدينة ومعالم المدن و القرى في منطقة إدارية .... الخ. من هنا يصبح تحليل الظاهرات النقطية (أو الموضعية) مكانيا من أهم وسائل التحليلات المكانية في إطار نظم المعلومات الجغرافية حيث يمكننا هذا النوع من التحليلات من دراسة التوزيع و النمط الجغرافي و الانتشار و التشتت و المركزية بين المواقع الجغرافية لهذه الظاهرات.

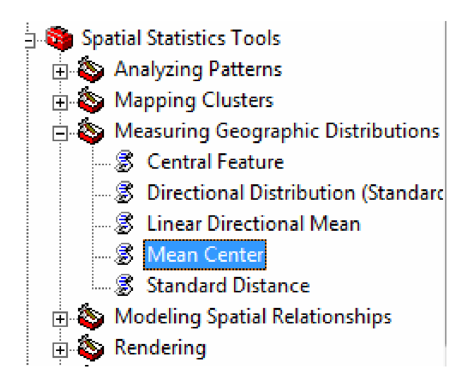
إن أهم المشاكل – من وجهة نظري - التي تواجهه مستخدم نظم المعلومات الجغرافية (علي الأقل في الجامعات العربية) أنه يعتمد بصورة تامة علي مخرجات output لأدوات التحليل التي توفرها هذه النظم و التقنيات دون بذل الجهد الكافي لمحاولة تفسير و تحليل هذه النتائج. توجد العديد من الرسائل الأكاديمية (ماجستير و دكتوراه) التي تنصب علي تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية وخاصة في التحليلات المكانية و تطبيقاتها ولكنها للأسف تكتفي بإبراز و عرض نتائج و قيم المعاملات الإحصائية التي أعطاها البرنامج. لنأخذ مثالا بسيطا: ماذا سيفيد المجتمع في منطقة أو دولة ما عندما أقول له أن توزيع ظاهرة المدارس وبناءا علي تحليل صله الجوار هو التوزيع المتجمع ؟ الأهم هما أن يقوم الباحث أو الباحثة بدراسة أسباب وجود هذا التوزيع لهذه الظاهرة وكيفية علاج هذه المشكلة للوصول إلي توزيع منتظم و عادل للظاهرة في منطقة الدراسة بحيث يحصل جميع المواطنين فيها علي خدمة تعليمية جيدة و مناسبة. وبهذا فتكون تقنية نظم المعلومات الجغرافية في خدمة المجتمع بالفعل عن طريق اقتراح حلول تقنية دقيقة لحل المشكلات المجتمعية.

٨-٢ المتوسط المكاني Mean Center

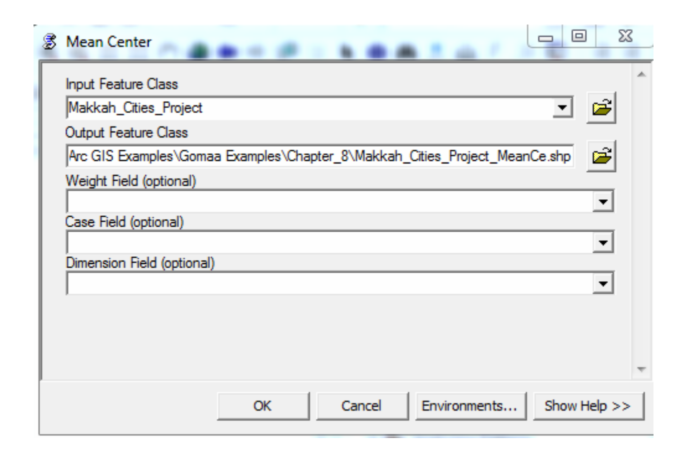
تعد أداة المتوسط المكاني هي المقابل لحساب قيمة المتوسط الحسابي للبيانات غير المكانية، أي أنها تحدد أين يقع الموقع الذي يعد متوسطا جغرافيا لمواقع مفردات الظاهرة قيد الدراسة:



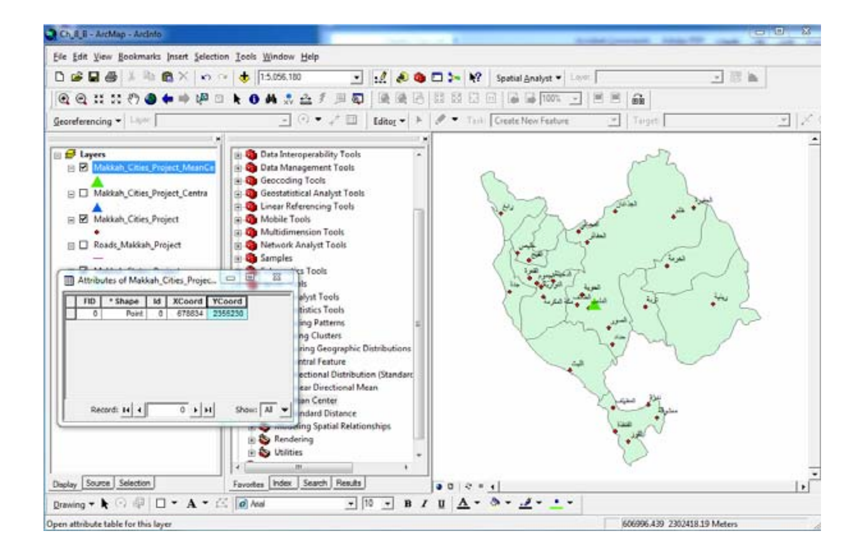
تقع هذه الأداة في برنامج صندوق الأدوات Arc Toolbox داخل مجموعة قياس التوزيع الجغرافي Measuring Geographic Distributions من مجموعة أدوات الإحصاء المكاني Spatial Spastics Tools :



لتنفيذ الأداة سنستخدم طبقة المدن الرئيسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية (بعد إسقاط الطبقة علي نظام إحداثيات UTM في مرجع عين العبد ١٩٧٠) في السطر الأول كطبقة مدخلات Input Feature Class وفي السطر الثاني Output Feature Class سنحدد اسم الطبقة الجديدة الناتجة (التي ستحتوي موقع المتوسط المكاني). وفي حالة أننا سنريد حساب المتوسط المكاني الموزون سنحدد عمود الوزن في السطر الثالث Weight Field:

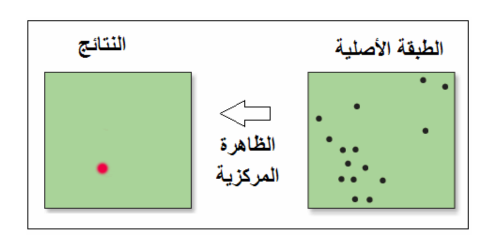


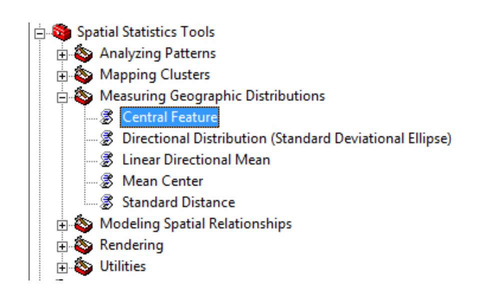
بعد الضغط علي OK سيتم إضافة الطبقة الناتجة للمشروع الحالي والتي يظهر بها نقطة المتوسط المكاني، وبفتح قاعدة بياناتها Attribute Table نجد عمودين X Coord و Y Coord وبداخلهما نجد قيم إحداثيات الموقع الذي يعد متوسطا مكانيا لمدن منطقة مكة المكرمة:



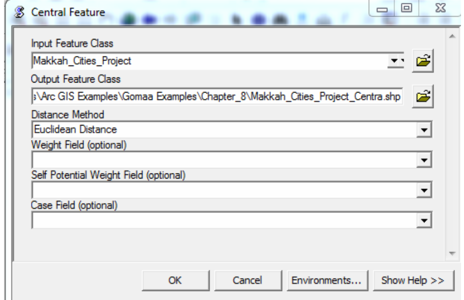
٨-٣ الظاهرة المركزية Central Feature

تقوم هذه الأداة بتحديد الظاهرة أو المعلم الذي يقع أقرب ما يكون لمركز توزيع مفردات الظاهرة قيد البحث:

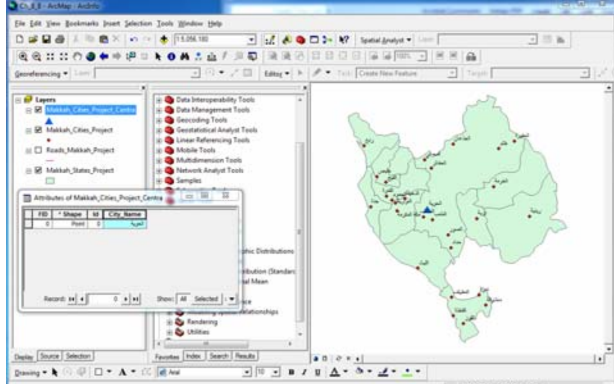




خطوات تطبيق الأداة تماثل خطوات الأداة السابقة حيث سنستخدم طبقة المدن الرئيسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية (في المثال الحالي) في السطر الأول كطبقة مدخلات Input Feature Class وفي السطر الثاني Output Feature Class سنحدد اسم الطبقة الجديدة الناتجة (التي ستحتوي موقع الظاهرة المركزية). وفي حالة أننا سنريد حساب المتوسط المكاني الموزون سنحدد عمود الوزن في السطر الثالث Weight Field:

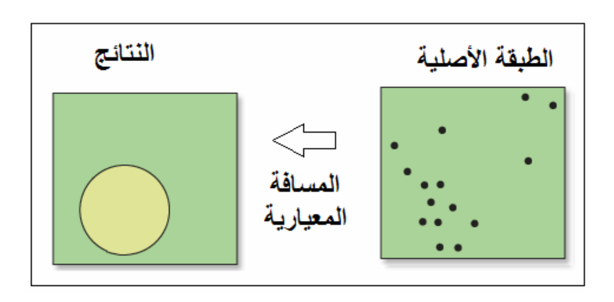


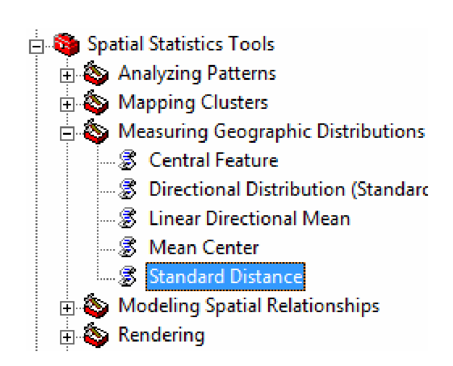
بعد الضغط على OK سيتم إضافة الطبقة الناتجة للمشروع الحالي والتي تظهر بها نقطة الظاهرة المركزية، وبفتح قاعدة بياناتها Attribute Table نعرف أن مدينة "الحوية" هي التي تعد المدينة المركزية – مكانيا – لتوزيع مدن منطقة مكة المكرمة الإدارية:



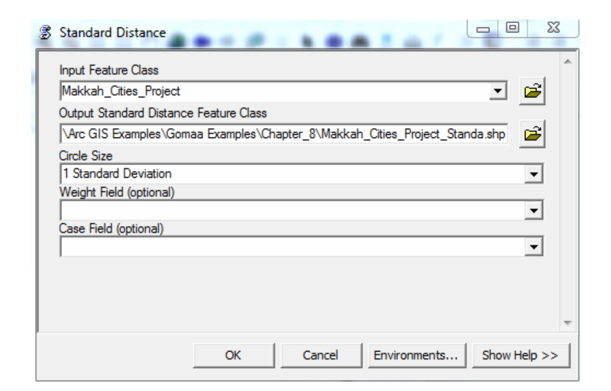
٨-٤ المسافة المعيارية Standard Distance

تحسب هذه الأداة قيمة المسافة المعيارية (المناظرة لمفهوم الانحراف المعياري للبيانات غير المكانية) والتي تعد نصف قطر الدائرة المعيارية التي تحدد منطقة تركز أغلب مفردات الظاهرة قيد الدراسة:



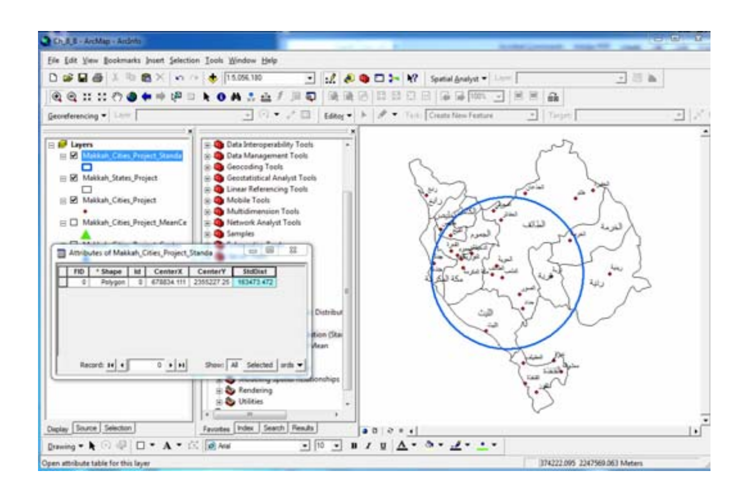


خطوات تطبيق الأداة تماثل خطوات الأداة السابقة حيث سنستخدم طبقة المدن الرئيسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية (في المثال الحالي) في السطر الأول كطبقة مدخلات Input Feature Class وفي السطر الثاني Output Feature Class سنحدد اسم الطبقة الجديدة الناتجة (التي ستحتوي موقع الظاهرة المركزية). تشمل الخيارات المتاحة في السطر الثالث Circle Size ثلاثة اختيارات: تحديد دائرة تركز ٦٨% من مفردات الظاهرة 1 Standard Deviation ، أو تحديد دائرة تركز ٩٥% من مفردات الظاهرة 2 Standard Deviation ، أو تحديد دائرة تركز ٩٩% من مفردات الظاهرة 3 Standard Deviation (أرجع للفصل الثالث). في حالة أننا سنريد حساب المتوسط المكاني الموزون سنحدد عمود الوزن في السطر الرابع Weight Field:



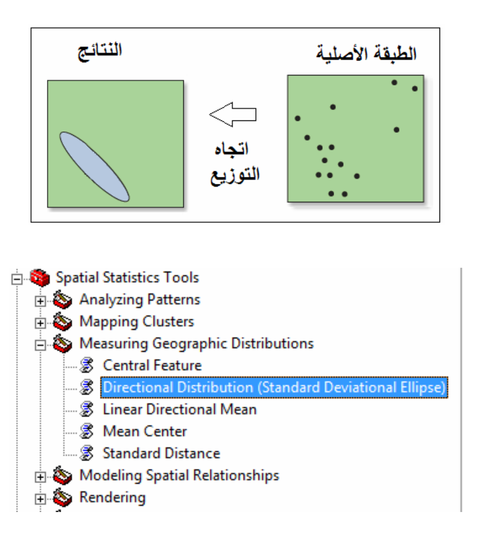
بعد الضغط على OK سيتم إضافة الطبقة الناتجة للمشروع الحالي والتي تظهر بها الدائرة المعيارية ، وبفتح قاعدة بياناتها Attribute Table نعرف إحداثيات مركز هذه الدائرة في

عمودي Coord X و Coord Y (لاحظ أن مركز الدائرة = المتوسط المكاني) و أن قيمة المسافة المعيارية – من عمود Std Dist – يبلغ ١٦٣٤٧٣.٤ متر (الوحدات بالمتر طالما أن الطبقة الأصلية المستخدمة كانت إحداثياتها مترية بنظام UTM):

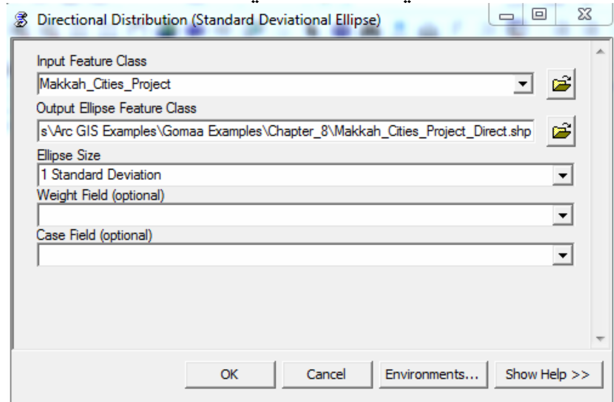


٨-٥ اتجاه التوزيع Directional Distribution

تهدف هذه الأداة لتحديد الاتجاه التوزيعي لمفردات الظاهرة من خلال رسم شكل بيضاوي أو قطع ناقص Ellipse يمثل اتجاه توزيع أغلبية مفردات الظاهرة قيد الدراسة:

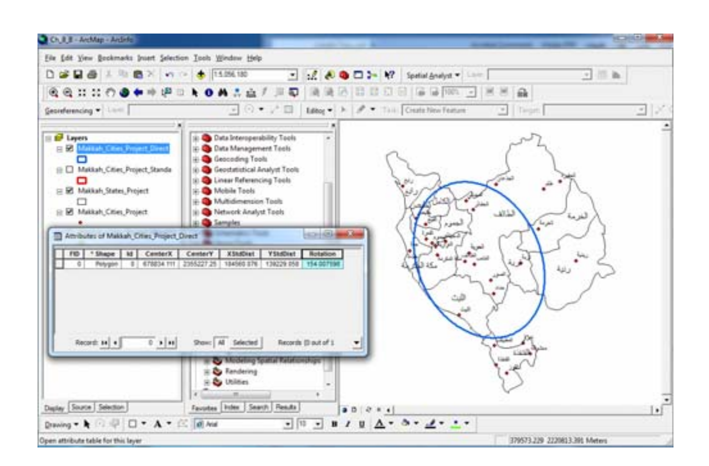


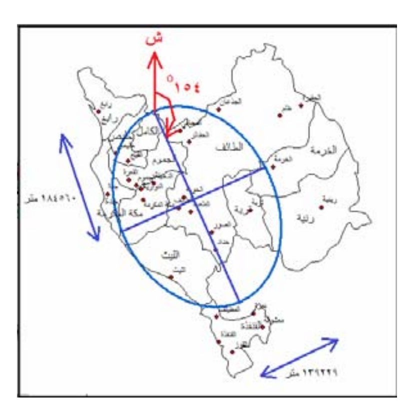
بنفس خطوات تنفيذ الأداة السابقة كما في الشكل التالي:



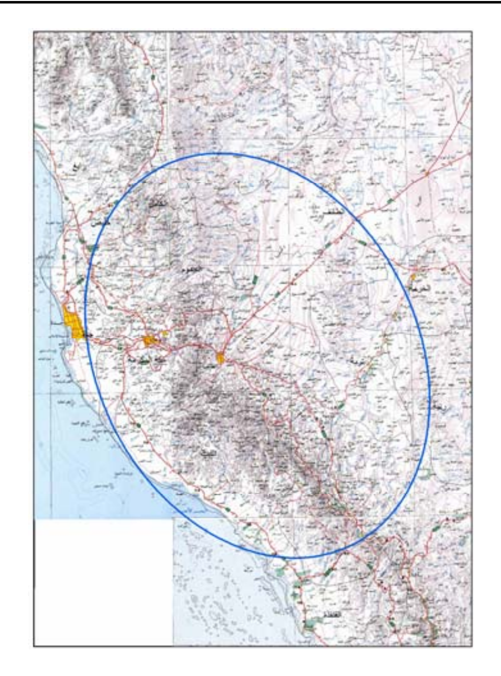
ستنتج لنا طبقة جديدة تحتوي شكل بيضاوي يحدد خصائص اتجاه توزيع مفردات الظاهرة (المدن الرئيسية في منطقة مكة المكرمة الإدارية) ومن قاعدة البيانات نستنتج أن:

- مركز اتجاه التوزيع في عمودي CenterX و CenterY = إحداثيات المتوسط المكاني
- قيمة المسافة المعيارية في اتجاه محور X (نصف المحور الأكبر للشكل البيضاوي) = ١٨٤٥٦٠ متر
- قيمة المسافة المعيارية في اتجاه محور Y (نصف المحور الأصغر للشكل البيضاوي) = ١٣٩٢٢٩ متر
- قيمة زاوية (أو انحراف) التوزيع (زاوية ميل المحور الأكبر مقاسة من اتجاه الشمال) = ١٥٤ درجة، أي في اتجاه الشمال الشرقي تقريبا:



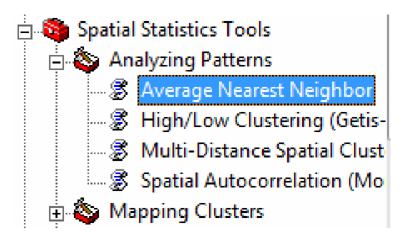


علي مستخدم نظم المعلومات الجغرافية أن يفسر هذه النتائج و أسبابها، فبالرجوع لطبوغرافية منطقة مكة المكرمة (في مثالنا الحالي) نجد أنها ممتدة طوليا بمحاذاة ساحل البحر الأحمر في اتجاه الشمال الشرقي كما أنها تشمل سلسلة جبال البحر الأحمر التي تمتد في نفس الاتجاه. وبالتالي فأن أغلب المواقع التي أنشئت بها مدن المنطقة كانت في سفوح هذه الجبال، ومن ثم فقد أخذت نفس اتجاه امتداد سلسلة الجبال و ساحل البحر الأحمر و هي الاتجاه الشمال الشرقي:

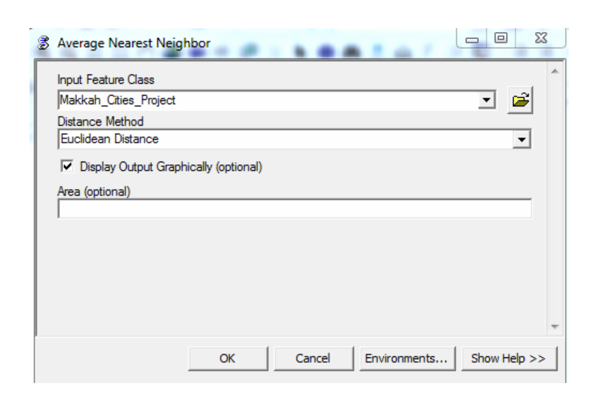


٨-٦ الجار الأقرب Average Nearest Neighbor

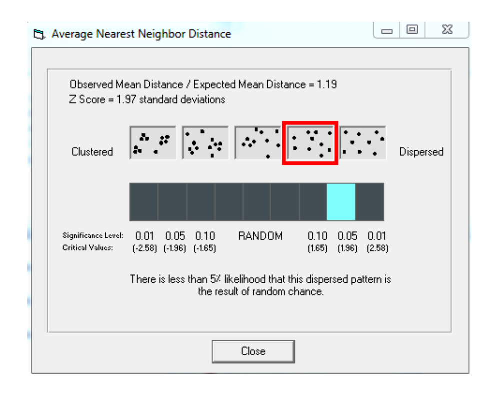
توجد أداة حساب معامل الجار الأقرب (معامل صلة الجوار) في مجموعة أدوات تحليل الأنماط Analyzing Patterns من مجموعة أدوات الإحصاء المكاني Spatial Statistics Tools :



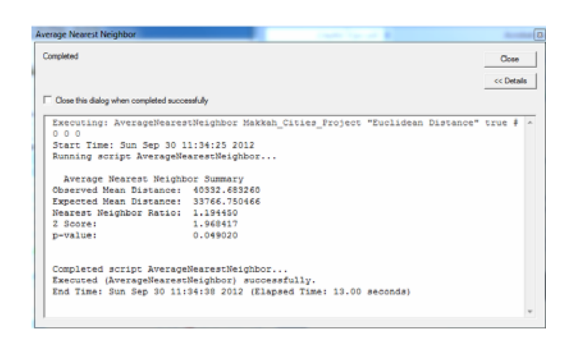
في السطر الأول نحدد اسم الطبقة المدخلة Input Feature Class وهي في مثالنا الحالي طبقة المدن الرئيسية. نضع علامة صح أمام مربع إظهار النتائج بالرسم Display Output Graphically ثم نضغط OK :



تظهر أولا شاشة عرض النتائج ومنها نجد أن قيمة معامل الجار الأقرب = **<u>١.١٩</u>** وهو نمط يقترب من النمط المتباعد Dispersed كما يظهر من الرسم البياني:



وبعد الضغط علي أيقونة إغلاق Close تظهر النتائج رقميا:




```
Executing: AverageNearestNeighbor Makkah_Cities_Project "Euclidean Distance" true #
0 0 0
Start Time: Sun Sep 30 11:34:25 2012
Running script AverageNearestNeighbor...

  Average Nearest Neighbor Summary
Observed Mean Distance:  40332.683260
Expected Mean Distance:  33766.750466
Nearest Neighbor Ratio:  1.194450
Z Score:                 1.968417
p-value:                 0.049020


Completed script AverageNearestNeighbor...
Executed (AverageNearestNeighbor) successfully.
End Time: Sun Sep 30 11:34:38 2012 (Elapsed Time: 13.00 seconds)
```

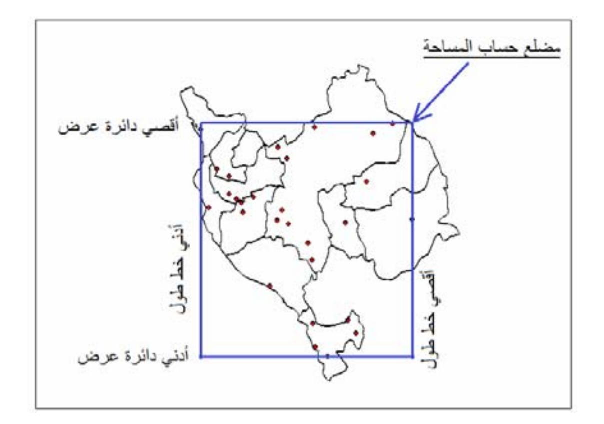
بالرجوع لشاشة تنفيذ أداة معامل الجار الأقرب نجد أن السطر الثالث Area أي المساحة وبه كلمة Optional أو اختياري. من الفصل الثالث نعلم أن معادلة حساب معامل الجار الأقرب هي:

معامل الجار الأقرب = ل = ٢ م √ (ن / ح)

حيث:

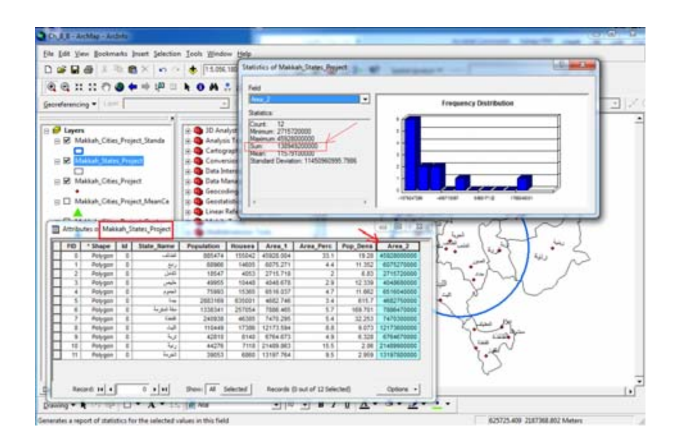
م   متوسط المسافات الفعلية
ن   عدد النقاط
ح   مساحة منطقة الدراسة
م٢   متوسط المسافة المتوقعة (النظرية):

أي أنه لحساب قيمة المعامل يلزمنا معرفة قيمة مساحة المنطقة التي تغطيها مفردات الظاهرة قيد الدراسة. ومع ذلك فقد قامت الأداة بحساب قيمة المعامل، فكيف تم ذلك؟ قام الأداة بحساب مساحة المضلع (المستطيل) الذي يصل بين مفردات الظاهرة (المدن) التي تقع في أقصى الجهات الجغرافية الأربعة واستخدام هذه المساحة في معادلة حساب معامل صلة الجوار:

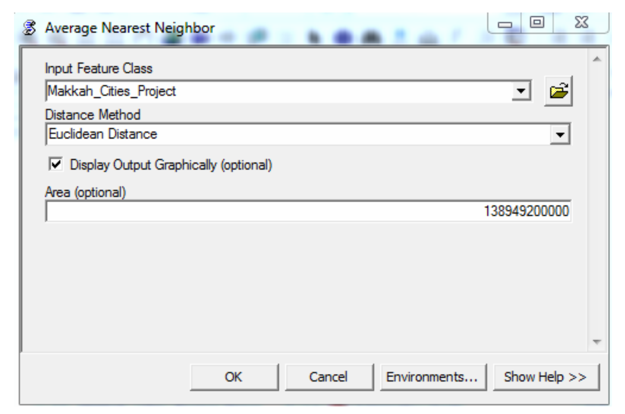


وبالطبع فأن مساحة هذا المضلع تختلف (ولو قليلا) عن المساحة الحقيقية لمنطقة الدراسة و التي هي حدود منطقة مكة المكرمة الإدارية.

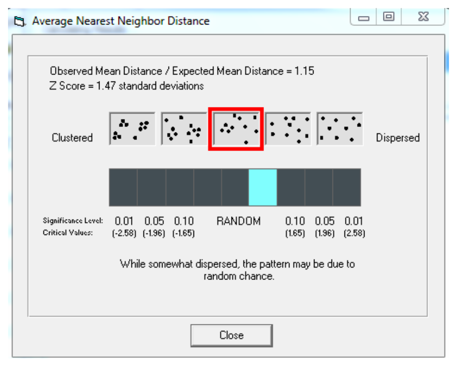
تسمح أداة معامل الجار الأقرب للمستخدم أن يحدد قيمة مساحة منطقة الدراسة – بنفسه – إن كان يعرفها بدقة لاستخدامها في حساب قيمة المعامل. حيث أن الطبقة الحالية المستخدمة في التمرين بها عمود (قمنا بحسابه في الفصل السابق) يحتوي مساحة كل محافظة من محافظات المنطقة، فأن مجموع هذه المساحات = مساحة منطقة مكة المكرمة الإدارية. نفتح قاعدة البيانات غير المكانية للطبقة و نظلل عمود Area_2 (عمود المساحة محسوبة <u>بالمتر المربع</u>) ونضغط الماوس الأيمن ونختار أمر إحصاء Statistics ومن النافذة نستنتج أن مجموع SUM مساحة المحافظات جميعها = ١٣٨٩٤٩٢٠٠٠٠٠ متر مربع:



نعيد تنفيذ أداة معامل الجار الأقرب مرة أخري وفي السطر الثالث Area نكتب قيمة المساحة المستنتجة:



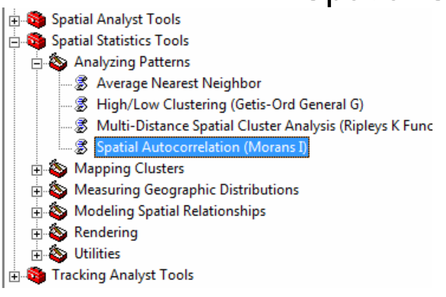
بالضغط علي OK نجد أن قيمة معامل الجار الأقرب الآن = **١.١٥** (وليس ١.١٩ كما جاء في المرة الأولي للحساب):



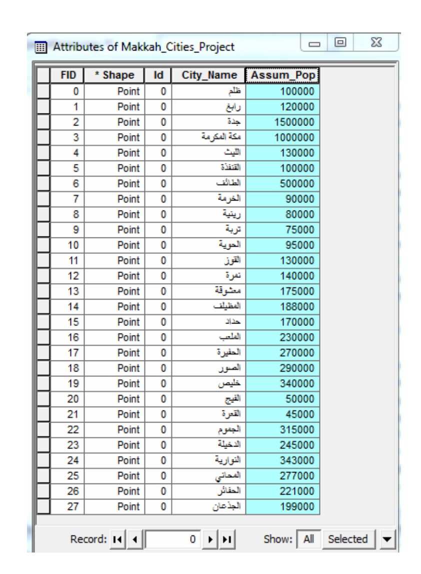
وهي القيمة العلمية الدقيقة لمعامل صلة الجوار بعد استخدام القيمة الدقيقة لمساحة منطقة الدراسة.

٨-٧ الترابط المكاني بتحليل موران Spatial Auto Correlation (Moran's I)

أداة أخري من أدوات تحليل الأنماط Analyzing Patterns في مجموعة أدوات الإحصاء المكاني Spatial Statistics Tools :



تختلف هذه الأداة عن أداة معامل الجار الأقرب أنها تتطلب الموقع الجغرافي لمفردات الظاهرة **بالإضافة** لقيمة معينة غير مكانية Attribute لأخذها في الاعتبار في حساب معامل الارتباط المكاني. لذلك سنقوم في التمرين الحالي بإنشاء عمود جديد في قاعدة بيانات طبقة المدن وليكن أسمه مثلا Assum_Pop وسنضع داخله بعض القيم **الافتراضية** لعدد سكان كل مدينة :

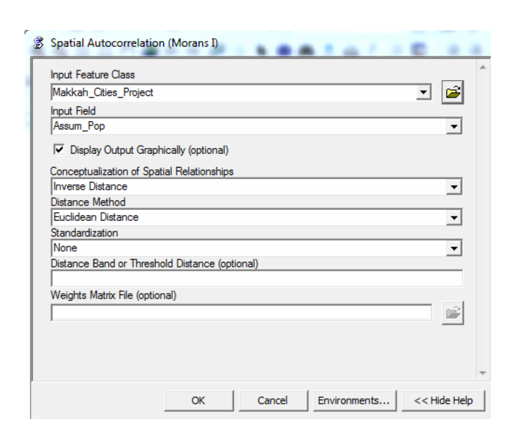


Attributes of Makkah_Cities_Project

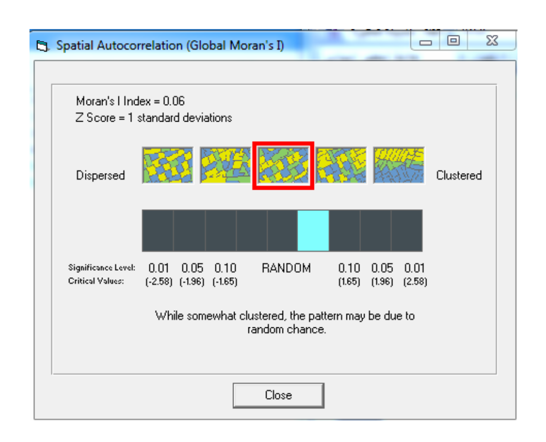
FID	* Shape	Id	City_Name	Assum_Pop
0	Point	0	ظلم	100000
1	Point	0	رابغ	120000
2	Point	0	جدة	1500000
3	Point	0	مكة المكرمة	1000000
4	Point	0	الليث	130000
5	Point	0	القنفذة	100000
6	Point	0	الطائف	500000
7	Point	0	الخرمة	90000
8	Point	0	رينية	80000
9	Point	0	تربة	75000
10	Point	0	الحوية	95000
11	Point	0	القوز	130000
12	Point	0	نمرة	140000
13	Point	0	معشوقة	175000
14	Point	0	المظيلف	188000
15	Point	0	حداد	170000
16	Point	0	الملعب	230000
17	Point	0	الحفيرة	270000
18	Point	0	الصور	290000
19	Point	0	خليص	340000
20	Point	0	الفيج	50000
21	Point	0	القعرة	45000
22	Point	0	الجموم	315000
23	Point	0	الدخيلة	245000
24	Point	0	التوارية	343000
25	Point	0	المحاني	277000
26	Point	0	الحفائر	221000
27	Point	0	الجذعان	199000

Record: 0 Show: All Selected

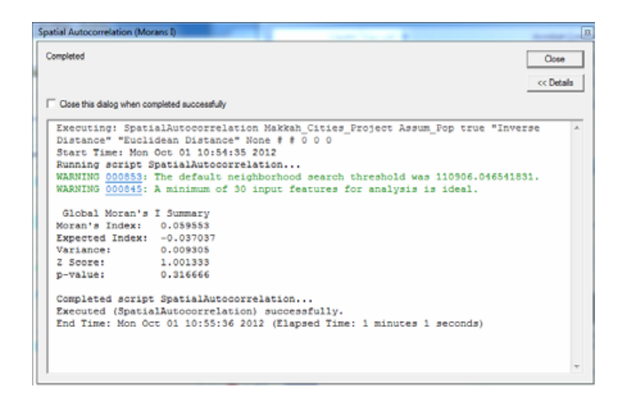
في السطر الأول Input Feature Class نحدد اسم الطبقة المدخلة (مدن منطقة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Input Field نحدد عمود الارتباط المطلوب (عمود Assum_Pop السابق إنشاؤه) ونضع علامة صح أمام أمر إظهار النتائج بالرسم Display Output Graphically :



بالضغط على OK فنري في النافذة الجديدة أن قيمة معامل موران للارتباط المكاني = <u>٠.٠٦</u> وتشير إلي ارتباط مكاني <u>عشوائي تقريبا</u> بين مدن منطقة مكة المكرمة الإدارية <u>بالأخذ في الاعتبار</u> قيمة عدد سكان كل مدينة:



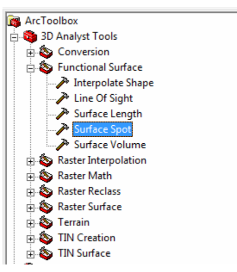
وبعد إغلاق النافذة Close تظهر باقي قيم نتائج الحسابات:



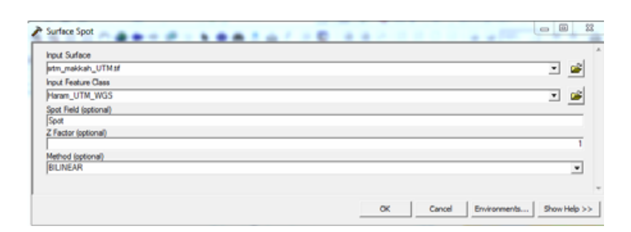
نلاحظ وجود تحذيرين (باللون الأخضر) أن مساحة المنطقة كبيرة و أن عدد مفردات الظاهرة الأصلية يجب أن يكون أكبر من أو يساوي ٣٠ (عدد المدن في طبقة التمرين الحالي ٢٨ فقط). لكن وجود أي تحذير لا يؤثر علي عمل الأداة ذاتها.

٨-٨ استخراج قيمة النقطة من نموذج Surface Spot

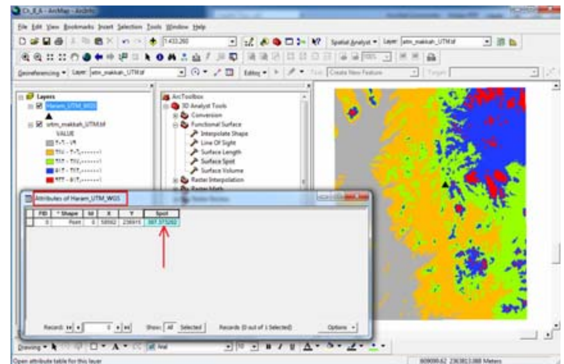
هذه الأداة الموجودة في مجموعة أدوات السطوح الفعالة Functional Surface من مجموعة أدوات التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analyst Tools تسمح بحساب قيمة معينة مناظرة لموقع النقاط في ملف شبكي Raster (مثل نماذج الارتفاعات الرقمية أو المرئيات الفضائية):



هذه الأداة تماثل وظيفة أداة استخراج قيم النقاط Sample التي شرحناها في الفصل السابق، وسنستخدم هنا بيانات ذلك التمرين. في السطر الأول Input Surface نحدد اسم نموذج الارتفاعات الرقمية لمدينة (وليس منطقة) مكة المكرمة وفي السطر الثاني Input Feature Class نحدد اسم طبقة النقاط المطلوب حساب منسوب كل نقطة فيها (تحتوي فقط إحداثيات نقطة تمثل موقع الحرم المكي الشريف) وفي السطر الثالث Spot Field نحدد اسم العمود الجديد الذي سيتم إضافته للطبقة و يحتوي قيم مناسيب النقاط، ويقترح البرنامج أن يكون اسم هذا العمود هو Spot ويمكننا الموافقة علي هذا الاقتراح أو تغيير اسم العمود:



بعد الضغط علي OK سنجد أن جدول البيانات غير المكانية Attribute Table للطبقة قد أصبح به عمود جديد أسمه Spot وبه قيمة = ٣٠٧.٣٧ متر و هو منسوب نقطة الحرم المكي الشريف. لاحظ أن هذه القيمة = القيمة التي حصلنا عليها عند تنفيذ أداة Sample في الفصل الثالث.



الفصل التاسع

التحليل الطبوغرافي بسطح الأرض

٩-١ مقدمة

يقدم التحليل الطبوغرافي أو التحليل ثلاثي الأبعاد معلومات غاية في الأهمية عن ذلك الجزء من الأرض ويكون تحليلا حيويا في العديد من التطبيقات الجغرافية و الهندسية و البيئية. تمثل طبوغرافية و تضاريس سطح الأرض من خلال عدة صور في نظم المعلومات الجغرافية: الملفات الشبكية Raster والملفات المثلثية غير المنتظمة TIN وملفات نماذج الارتفاعات الرقمية DEM. هناك عدة مصادر يمكن بواسطتهم الحصول علي البيانات و القياسات اللازمة لتمثيل تضاريس سطح الأرض في بيئة رقمية كبيئة نظم المعلومات الجغرافية، و منهم علي سبيل المثال: قياسات المساحة الأرضية ، الخرائط الكنتورية (بعد ترقيمها علي الحاسب الآلي)، الصور الجوية، مرئيات الأقمار الصناعية للاستشعار عن بعد، نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية المجانية.

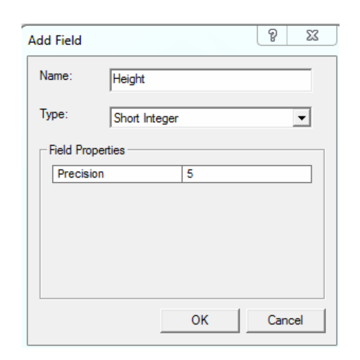
يشمل هذا الفصل أولا شرح لكيفية تحويل الخرائط الكنتورية الورقية إلي ملفات رقمية في Arc GIS ثم يتعرض لاحقا لأهم طرق التحليل الطبوغرافي خاصة إنتاج الخرائط الكنتورية و خرائط الميول و خرائط الظلال. وسيتم في طرق التحليل الاعتماد علي ملف DEM لمدينة مكة المكرمة (أنظر الفصل الحادي عشر لمزيد من التفاصيل) والذي يمكن الحصول عليه من مجلد التمارين العملية للكتاب وهو في:

https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

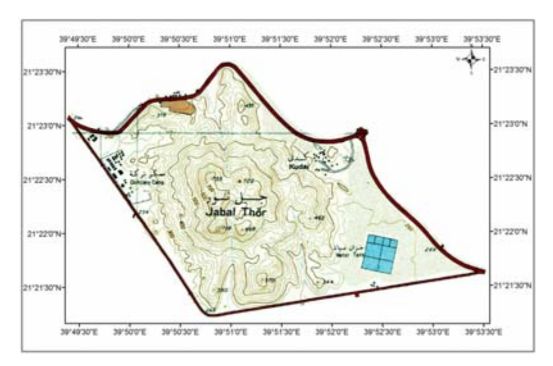
٩-٢ تحويل الخرائط الكنتورية إلي سطوح رقمية

تعد الخريطة الطبوغرافية (الكنتورية) أحد أهم أنواع الخرائط بصفة عامة حيث أنها مستخدمة في العديد من التحليلات التضاريسية سواء الهندسية أو الجغرافية أو البيئية. كما سبق الشرح في المستوي الأول (كتاب المدخل إلي الخرائط الرقمية) أن الخرائط الورقية يتم مسحها ضوئيا بجهاز الماسح الضوئي scanner لتحويلها إلي ملف رقمي داخل الحاسب. يلي ذلك إتمام عملية الإرجاع الجغرافي Georeferencing لتحديد موقعها الجغرافي الحقيقي (إحداثياتها). ثم نستخدم أداتي تحديد المرجع Define Projection وتغيير المرجع Project Raster – إن لزم الأمر – لضبط نوع المرجع الجغرافي و نظام الإحداثيات لهذا الملف الشبكي raster (فهو مجرد صورة لخريطة وليست خريطة في حد ذاته) قبل البدء في استخدامه في نظم المعلومات الجغرافية.

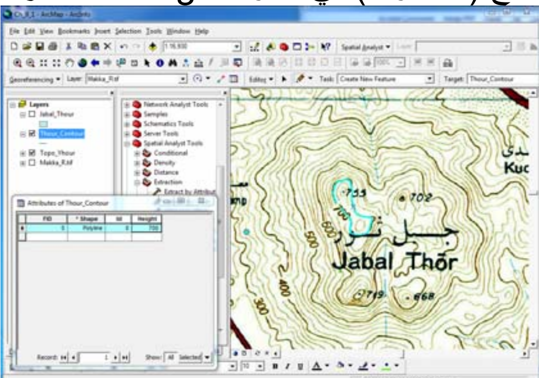
تبدأ أولي الخطوات العملية بإنشاء طبقة خطوط جديدة Polyline Shapefile ليتم فيها ترقيم (رسم) خطوط الكنتور من الخريطة الممسوحة ضوئيا، وليكن أسمها مثلا Thour_Contour. في قاعدة بيانات هذه الطبقة الجديدة سنقوم بإنشاء عمود جديد وليكن أسمه Height علي سبيل المثال :



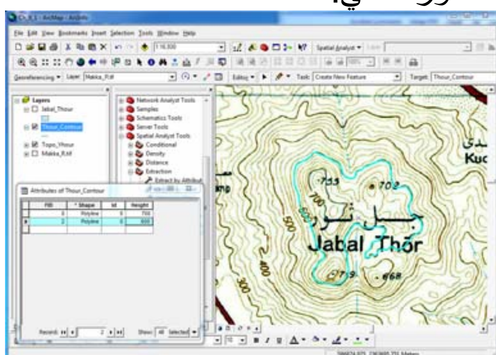
يعتمد التمرين الحالي علي صورة Thour_Topo_Map (الموجودة في مجلد التدريبات العملية للكتاب) والتي تعد جزء من الخريطة الطبوغرافية لمدينة مكة المكرمة والتي تمثل فقط طبوغرافية جبل ثور الشهير. وعلي المستخدم أن بنفسه يقوم بإرجاعها جغرافيا و تحديد مرجعها الجغرافي ليكون Ain el Abd 1970 وتحديد نظام إحداثياتها ليكون UTM الشريحة ٣٧ شمالا:



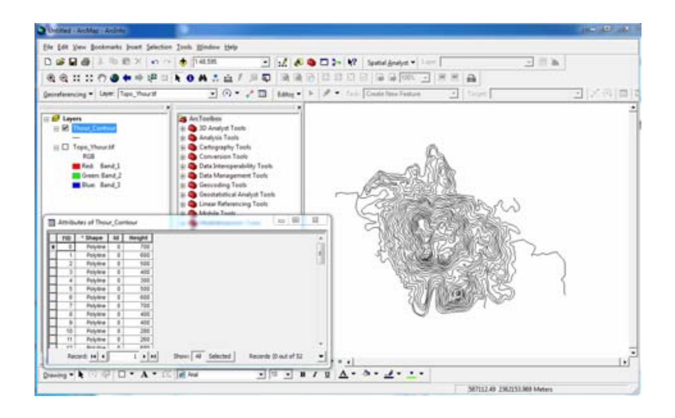
في الخطوة اللاحقة نبدأ التعديل Start Editing للطبقة الجديدة، وفيها نبدأ رسم أول خط كنتور ثم ندخل قيمة الارتفاع (المنسوب) في عمود Height المناظر:



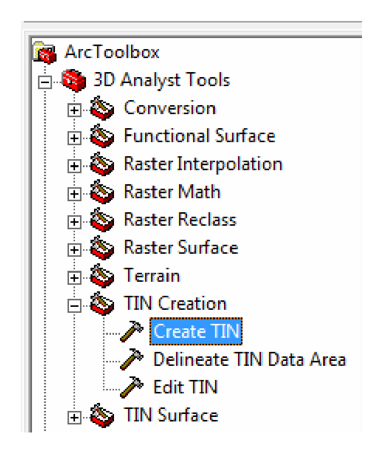
نكرر نفس الخطوات لخط الكنتور الثاني:



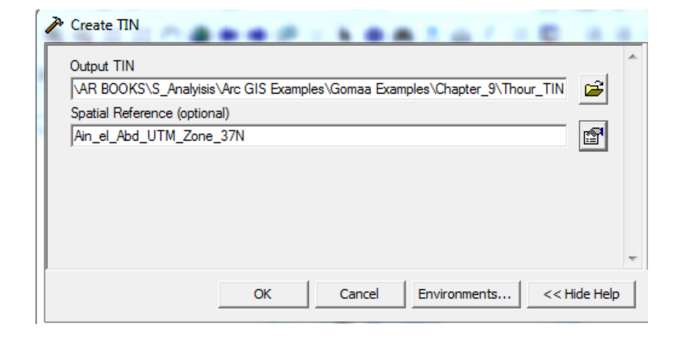
وتستمر عملية التعديل (الترقيم) حتى الانتهاء من رسم جميع خطوط الكنتور و إدخال قيمه المناسبة في قاعدة البيانات غير المكانية:



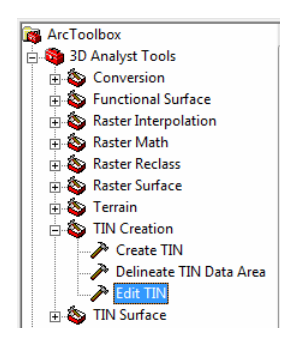
بذلك يصبح لدينا طبقة خطوط تمثل كنتور منطقة جبل ثور. نستخدم أداة Create TIN لإنشاء ملف شبكات مثلثية غير منتظمة، وهي الأداة الموجودة في مجموعة أدوات إنشاء الشبكات TIN Creation من مجموعة أدوات التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analyst Tools :



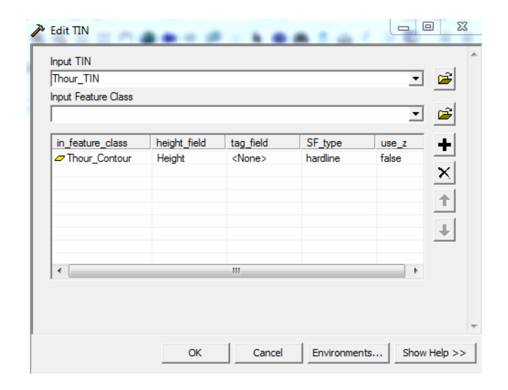
نحدد اسم ملف TIN الجديد في السطر الأول Output TIN وليكن مثلا Thour_TIN وفي السطر الثاني Spatial Reference نحدد المرجع الجغرافي لهذا الملف الجديد وليكن Ain el Abd UTM Zone 37N :



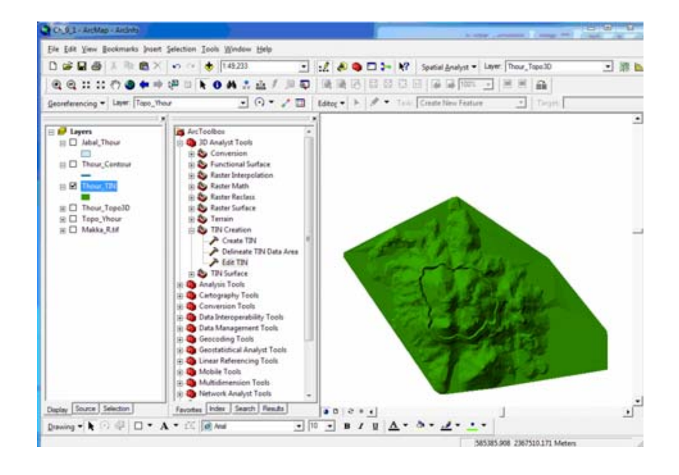
بعد إنشاء ملف TIN الجديد (الفارغ) سنضيف إليه بيانات الكنتور من طبقة الخطوط السابق إنشاؤها، وذلك باستخدام أداة تعديل الشبكات Edit TIN من نفس مجموعة الأدوات السابقة:



في السطر الأول Input TIN نحدد اسم ملف TIN السابق إنشاؤه وفي السطر الثاني Input Feature Class نحدد طبقة الخطوط Thour_Contour ويجب التأكد من أن العمود الموجود به الارتفاع Height_Field هو فعلا عمود Height الذي قمنا بإدخال قيم الكنتور بداخله عند ترقيم الطبقة. لاحظ في المثال الحالي أن طبقة الخطوط الحالية لا تحتوي إلا علي هذا العمود، بينما في حالة وجود عدة أعمدة في الطبقة المستخدمة فيجب اختيار العمود الصحيح:

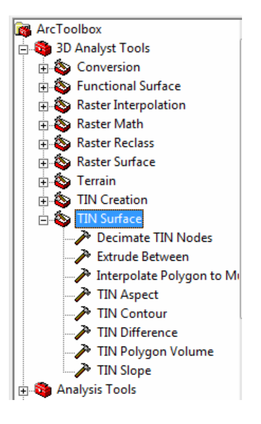


بالضغط علي OK يتم إضافة ملف TIN الجديد للمشروع الحالي و هو يمثل تضاريس و طبوغرافية منطقة جبل ثور بمكة المكرمة:



الآن لدينا خيارين لاستكمال التحليل الطبوغرافي لهذه المنطقة:

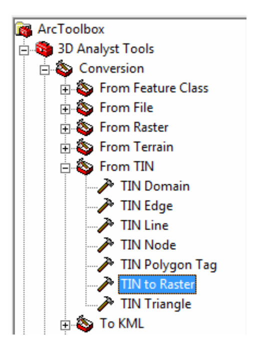
- استمرار العمل مع صيغة (ملف) الشبكات المثلثية غير المنتظمة TIN حيث توجد أدوات التحليل الطبوغرافي الخاصة بهذا النوع من ملفات نظم المعلومات الجغرافية:



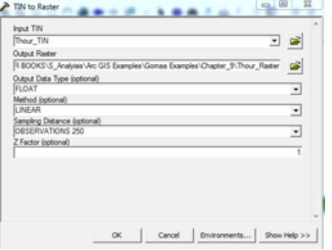
أو:

- تحويل ملف من صيغة TIN إلي صيغة الملفات الشبكية Raster :

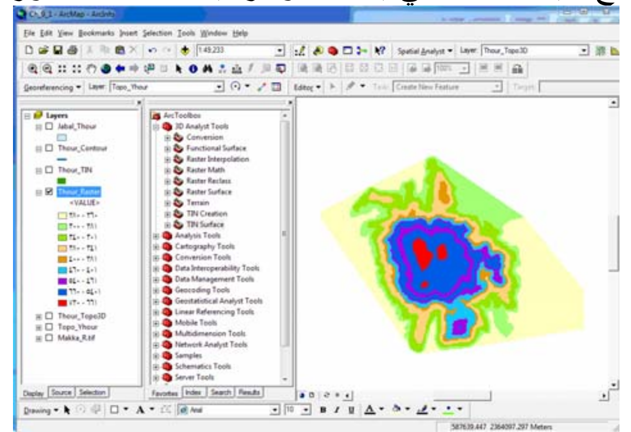
ويتم ذلك باستخدام أداة TIN To Raster من مجموعة أدوات From TIN من مجموعة التحويلات Conversion في مجموعة أدوات التحليل ثلاثي الأبعاد 3D Analyst Tools :



بتنفيذ الأداة ندخل اسم ملف TIN في السطر الأول Input TIN ونحدد اسم ملف raster الجديد في السطر الثاني Output Raster وليكن مثلا Thour_Raster :



بالضغط علي OK ينتج لدينا ملف شبكي يمثل طبوغرافية منطقة جبل ثور:

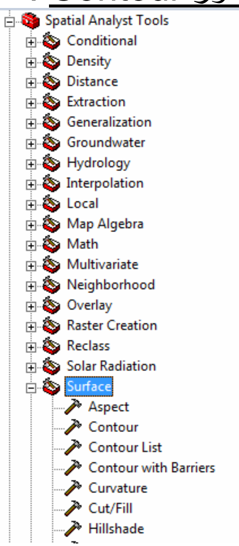


ولتحليل هذا الملف التضاريسي سنستخدم الأدوات التالية، لكننا سنعود الآن للتطبيق العملي علي ملف نموذج الارتفاعات الرقمية DEM الخاص بكل مدينة مكة المكرمة (موجود في مجلد التدريبات العملية للكتاب).

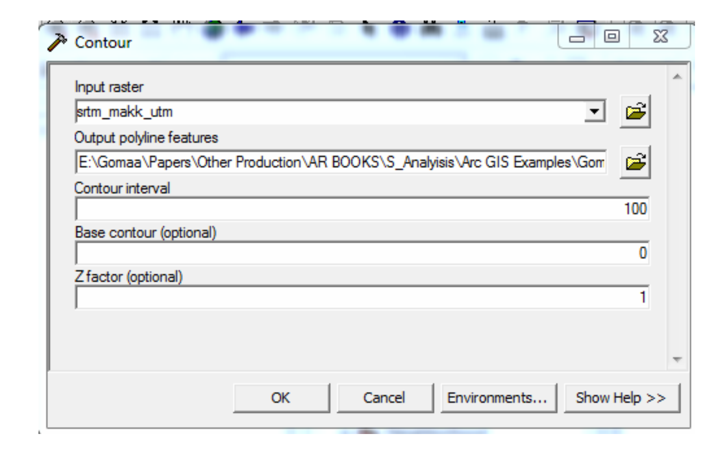
٩-٣ استنباط الخرائط الكنتورية Contour

بدءا من هذا التمرين سنستخدم ملف DEM لمدينة مكة المكرمة (وسنسميه بأسم srtm_makk_utm) وهو الذي يمكن الحصول عليه بعد اقتطاع حدود مدينة مكة المكرمة من الملف الأصلي srtm_44_08.rif الموجود في مجلد التدريبات العملية للكتاب (أنظر الفصل الحادي عشر للتفاصيل). كما سنقوم أيضا بتغيير المرجع الجغرافي للملف المقتطع من WGS84 إلي Ain el Abd UTM Zone 37N .

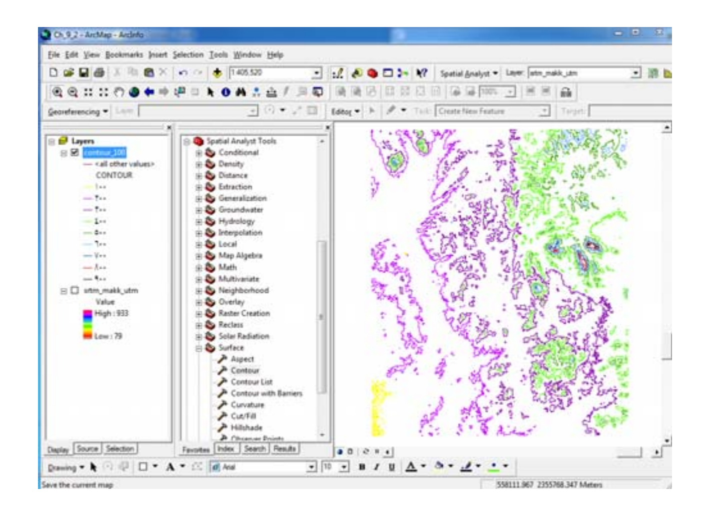
تشمل مجموعة أدوات تحليل السطوح Surface (من مجموعة أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools) كل أدوات التحليل الطبوغرافي التي سنتعرض لها في الأجزاء التالية. أولي هذه الأدوات هي أداة الكنتور Contour :



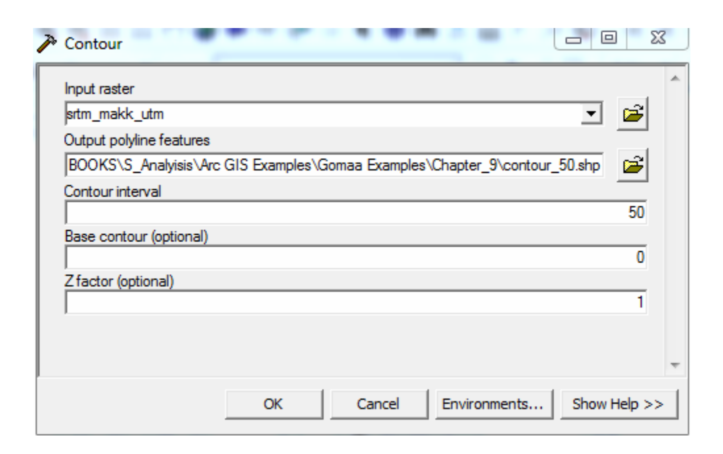
في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Polyline Features نحدد اسم طبقة الخطوط الجديدة التي ستحتوي خطوط الكنتور وفي السطر الثالث Contour Interval نحدد قيمة الفترة الكنتورية المطلوبة، ولتكن ١٠٠ (متر) في المثال الحالي:



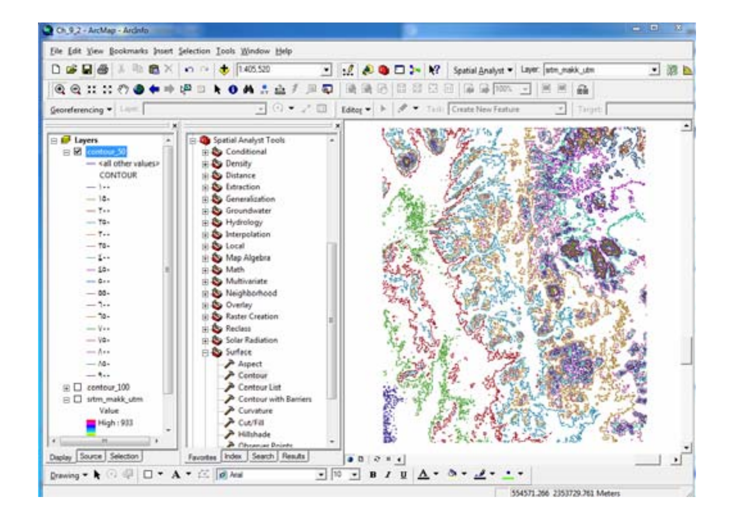
بالضغط علي OK نحصل علي طبقة كنتور مدينة مكة المكرمة:



في حالة أردنا اظهر تفاصيل طبوغرافية أكثر للمنطقة فنعيد تنفيذ أداة الكنتور لكن نقلل الفترة الكنتورية إلي ٥٠ متر مثلا (في السطر الثالث):

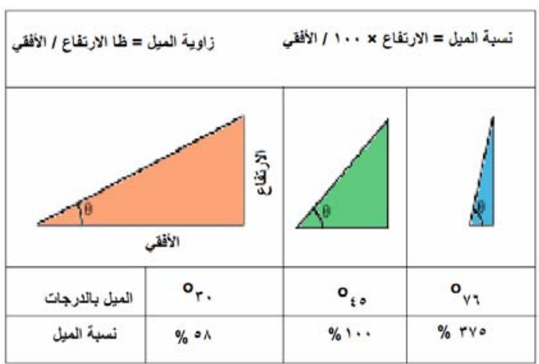


فنحصل علي تمثيل طبوغرافي (كنتوري) أكثر تفصيلا لمدينة مكة المكرمة:

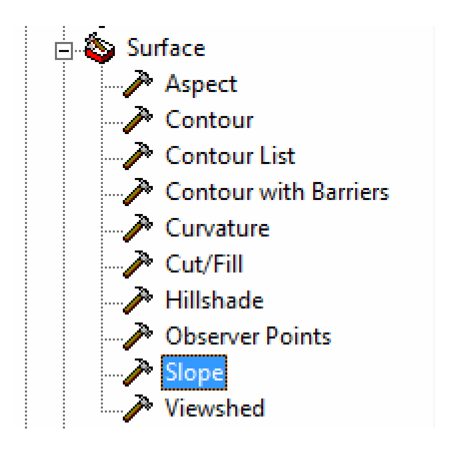


٩-٤ استنباط خرائط الميول Slopes

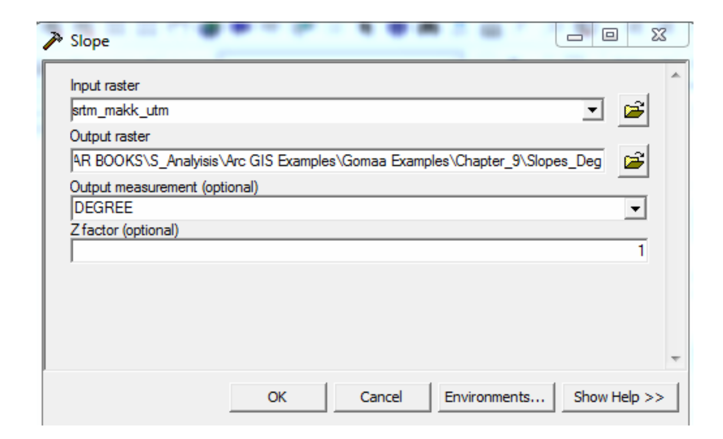
تعد خرائط الميول من أهم التحليلات المكانية اللازمة لدراسة تفاصيل طبوغرافية و تضاريس سطح الأرض. توجد طريقتان لحساب الميل: حساب الميول بالدرجات، حساب الميول بالنسبة المئوية:



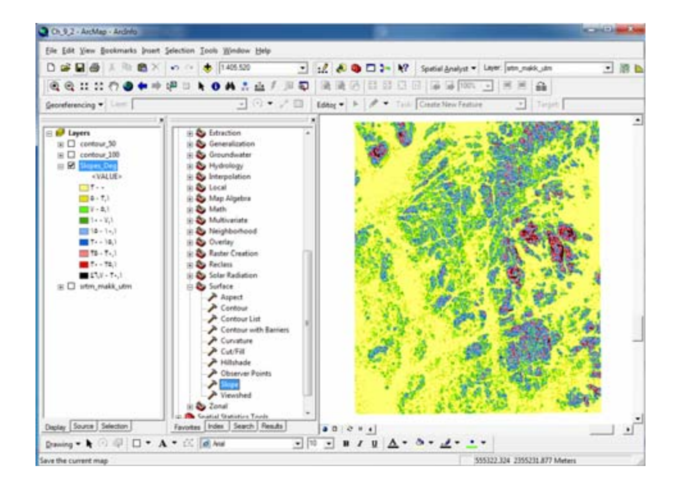
أداة Slope هي الأداة المستخدمة لإنشاء خرائط الميول سواء بالدرجات أو بالنسبة المئوية:



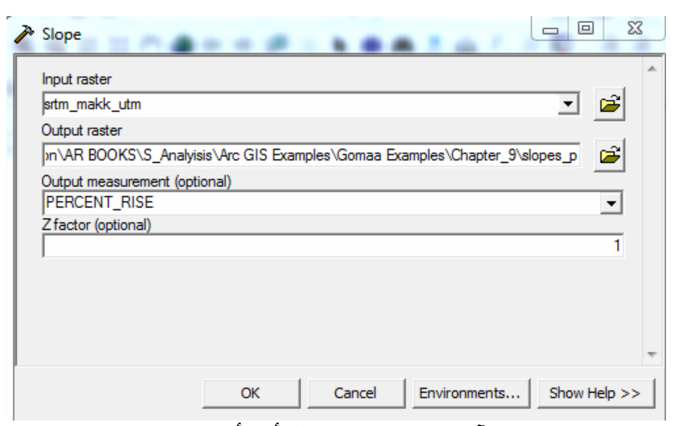
في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Raster نحدد اسم الملف الشبكي raster الذي سيمثل الميول في المنطقة وفي السطر الثالث Output Measurement نختار في المثال الحالي Degree أي حساب الميول بالدرجات:



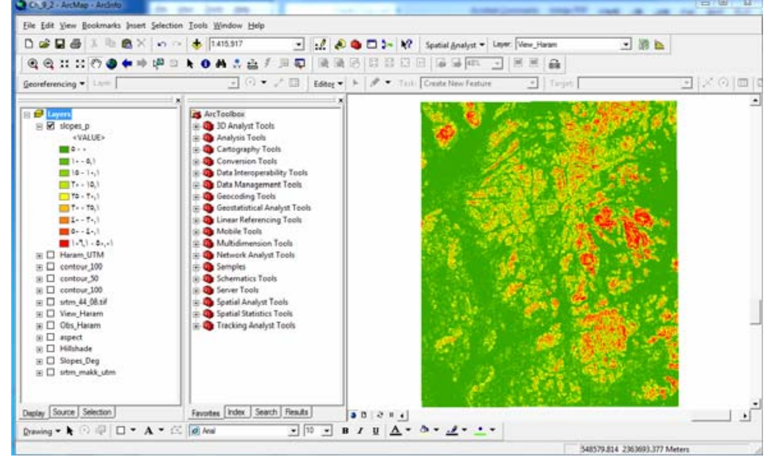
بالضغط علي OK نحصل علي ملف شبكي لميول سطح الأرض في مدينة مكة المكرمة ومنها نلاحظ أن الميول تصل في حدها الأقصى إلي ٤٧.٦ درجة:



نعيد تنفيذ أداة Slope مرة أخري لكن مع اختيار نوع الوحدات Output Measurement في السطر الثالث لتكون بالنسبة المئوية Percent_Rise:



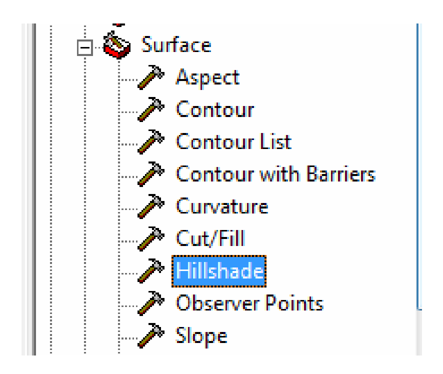
فنحصل علي ملف شبكي raster آخر ومنه نلاحظ أن أقصي نسبة ميل في مدينة مكة المكرمة تبلغ ١٠٦.١ % :



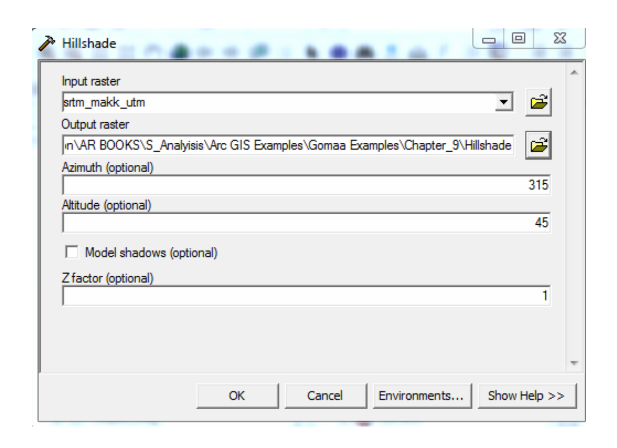
يجب الانتباه **لضرورة** أن تكون إحداثيات الملف الأصلي من نوع الإحداثيات المترية (وليست الجغرافية) وإلا فأن حسابات النسبة المئوية للميل ستعطي **نتائج خاطئة!**

٩-٥ استنباط خرائط الظلال Hillshade

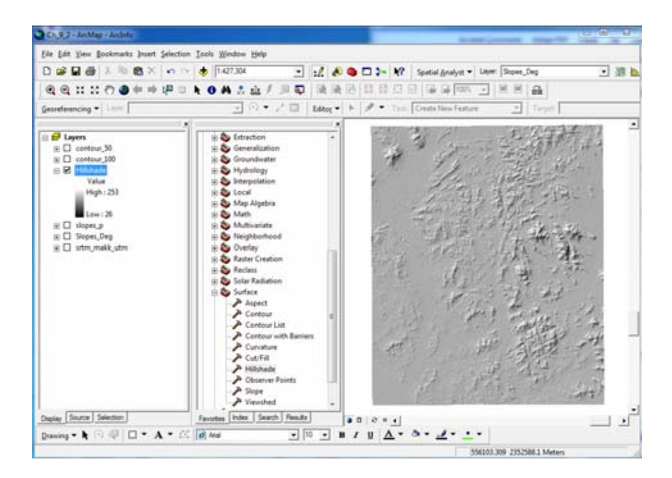
تعد الظلال Hillshade أحد طرق تمثيل التضاريس كارتوجرافيا، ويتم تنفيذها من خلال أداة Hillshade :



في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Raster نحدد اسم الملف الشبكي raster الذي سيمثل الظلال في المنطقة:

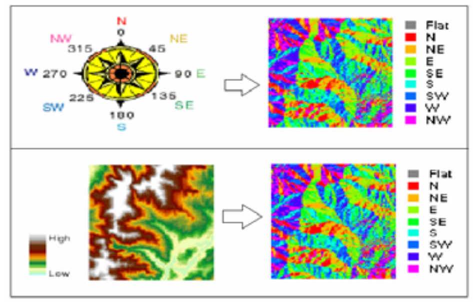


بالضغط علي OK نحصل علي ملف شبكي لظلال سطح الأرض في مدينة مكة المكرمة :

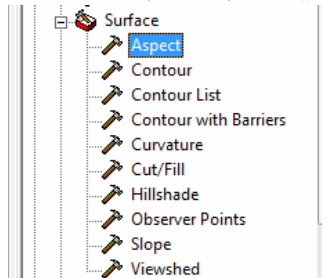


٩-٦ استنباط خرائط الأوجه Aspect

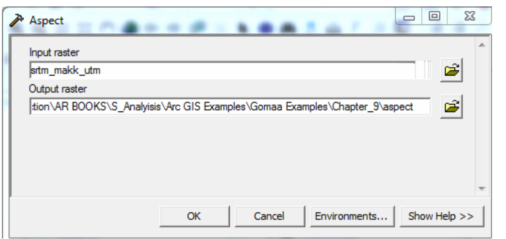
تعد خرائط الأوجه أو الواجهات أحد الطرق الكارتوجرافية لتمثيل تضاريس سطح الأرض. يحدد الوجه أو الواجهة الاتجاه – من أعلي إلي أسفل – لكل خلية في الملف الشبكي بالنسبة للخلايا المجاورة لها. ويقاس هذا الاتجاه بدءا من اتجاه الشمال و مع دوران عقرب الساعة بحيث يأخذ الوجه ناحية الشمال قيمة صفر والوجه ناحية اتجاه الشمال الشرقي قيمة ٤٥ والوجه ناحية اتجاه الشرق قيمة ٩٠... وهكذا. وفي خرائط الأوجه يعبر بلون مختلف عن كل جهة من الجهات الأربعة الأصلية (شمال N و شرق E و جنوب S و غرب W) و الجهات الأربعة الفرعية (شمال شرق NE و جنوب شرق SE و شمال غرب NW و جنوب غرب SW):



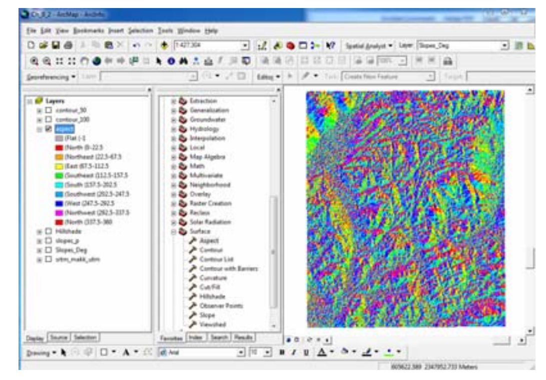
توجد أداة الأوجه Aspect في نفس مجموعة أدوات تحليل السطوح Surface :



في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Output Raster نحدد اسم الملف الشبكي raster الذي سيمثل الأوجه في المنطقة:



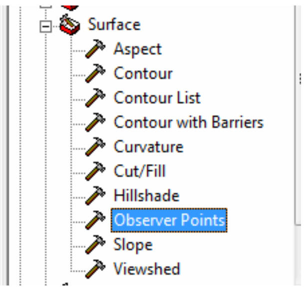
بالضغط علي OK نحصل علي ملف شبكي لأوجه تضاريس سطح الأرض في مدينة مكة المكرمة :



٩-٧ تحليلات طبوغرافية أخرى

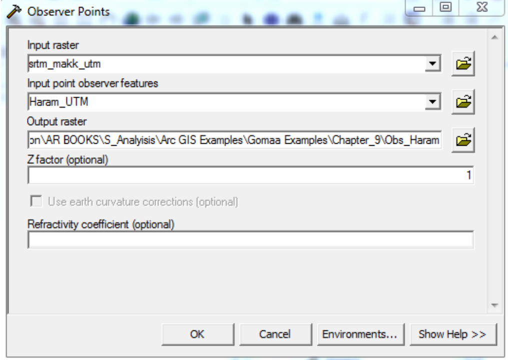
مجال الرؤية Observer Points:

هي أداة تستخدم لتحديد المناطق التي يراها الراصد عند وقوفه في نقطة (أو نقاط) محددة في منطقة الدراسة:

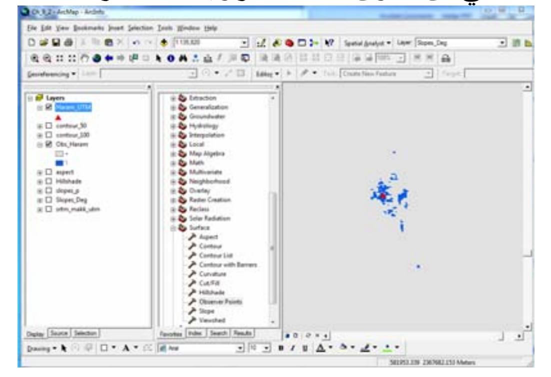


فعلي سبيل المثال إذا كان لدينا طبقة نقاط تحتوي نقطة الحرم المكي الشريف ونريد معرفة المناطق التي سيراها الشخص عند وقوفه في هذا الموقع والمناطق التي لن يستطيع رؤيتها بسبب وجود عوائق طبوغرافية (مناطق مرتفعة حوله سنمنعه من رؤية ما ورائها).

في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Input point observer features نحدد اسم طبقة النقاط (التي تحتوي موقع الحرم المكي الشريف في المثال الحالي) وفي السطر الثالث Output Raster نحدد اسم الملف الشبكي raster الذي سيمثل مناطق الرؤية المتاحة:



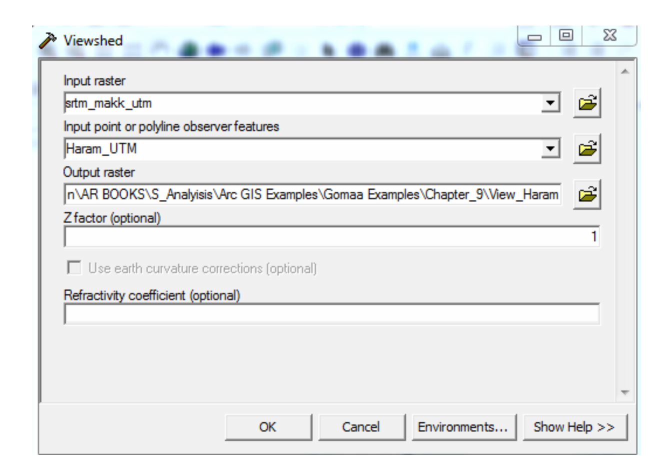
بالضغط علي OK سينتج ملف شبكي raster به نوعين من الرموز Symbology: صفر ويمثل المناطق غير المرئية، ١ ويمثل المناطق المرئية من موقع الحرم الشريف. أي أن المناطق الزرقاء في الشكل التالي هي المناطق التي يمكن للواقف عند الحرم الشريف رؤيتها بينما المناطق باللون الرصاصي لن تكون متاحة للرؤية لهذا الراصد:



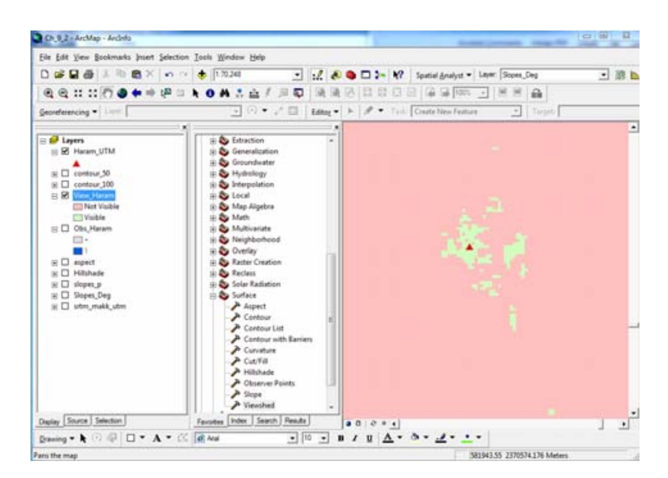
مجال الرؤية العكسية Viewshed:

أداة تستخدم تحديد المناطق التي تري نقطة (أو نقاط) محددة في منطقة الدراسة، أي أنها عكس وظيفة الأداة السابقة:

في السطر الأول Input Raster نحدد اسم الملف الشبكي الأصلي (ملف DEM مدينة مكة المكرمة) وفي السطر الثاني Input point observer features نحدد اسم طبقة النقاط (التي تحتوي موقع الحرم المكي الشريف في المثال الحالي) وفي السطر الثالث Output Raster نحدد اسم الملف الشبكي raster الذي سيمثل مناطق الرؤية المتاحة:

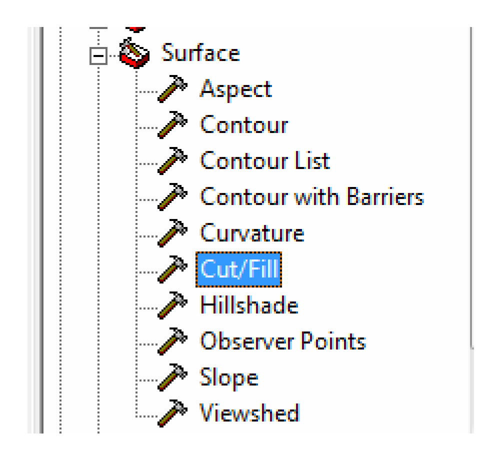


بالضغط علي OK سينتج ملف شبكي raster بـه نوعين من الرموز Symbology: Not Visible ويمثل المناطق التي لا يمكنها رؤية نقطة الحرم الشريف ، Visible ويمثل المناطق التي يمكنها رؤية موقع الحرم الشريف:

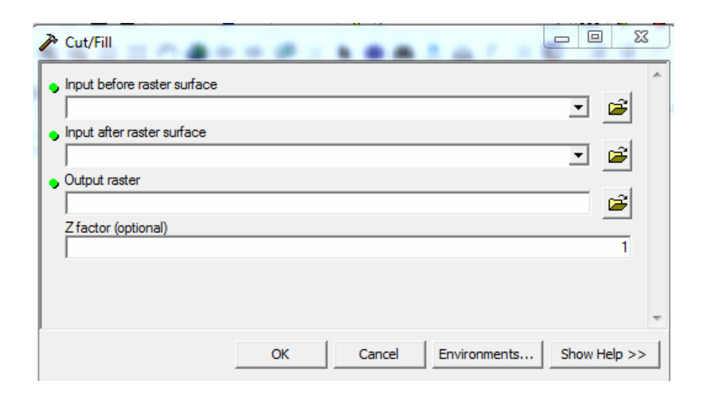


حسابات الحفر و الردم Cut and Fill:

أداة تستخدم لتحديد مناطق الحفر أو الردم بين سطحين تضاريسيين، و هي أداة مهمة للمهندسين علي وجه الخصوص:



فإذا حددنا السطح raster الأول (مثلا ملف تضاريس منطقة محددة) ثم حددنا السطح الثاني (المنسوب المطلوب تسوية الأرض عنده في مشروع هندسي معين) فأن السطح الناتج output raster سيحدد لنا المناطق التي يلزم عندها حفر (أي أن منسوبها الأصلي أكبر من المنسوب المطلوب للمشروع) و المناطق التي يلزم عندها ردم (أي أن منسوبها الأصلي أقل من المنسوب المطلوب للمشروع:



الفصل العاشر

تحليل الخصائص المكانية بين الطبقات

١٠-١ مقدمة

يعد تحليل التراكب Overlay Analysis (ويسمي أيضا بالمعالجة الجغرافية Geo Processing) أحد أهم التحليلات المكانية التي تعني بتحليل الخصائص بين طبقتين أو أكثر وإنتاج طبقة جديدة تشتمل علي هذه الخصائص المشتركة. يتم تنفيذ هذا النوع من التحليلات المكانية علي الملفات الخطية Vector (الطبقات Shapefiles) فقط وبشرط أن تتماثل الطبقتين في كلا من المرجع الجغرافي Datum و المسقط projection ونوع الإحداثيات Coordinate System.

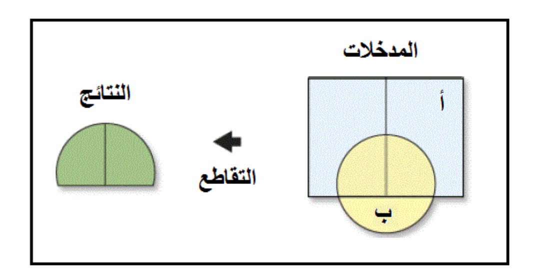
أيضا يوجد نوع آخر من التحليلات المكانية للطبقات يسمي بتحليل الاقتراب Proximity Analysis ويعني بتحديد مدي قرب المظاهر المكانية من بعضها البعض. ومن أهم أدوات تحليل الاقتراب أداة الحرم (أو الحزام) المكاني.

تشمل تحليلات التراكب وتحليلات الاقتراب عدة أنواع أو أوامر في برنامج Arc GIS سنتناول بعضهم بالتفصيل في الأجزاء التالية.

١٠-٢ أدوات تحليل التراكب

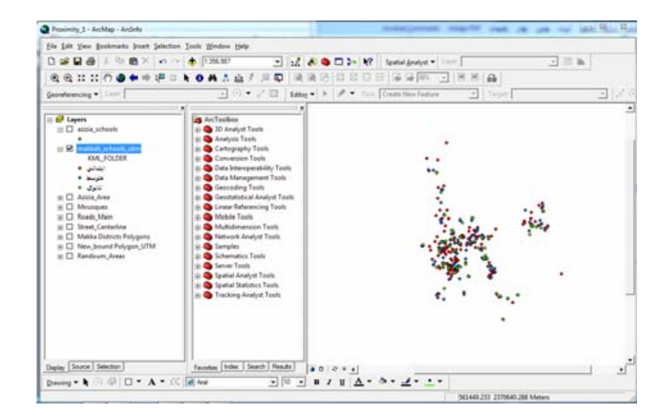
١٠-٢-١ تحليل التقاطع Intersection

تهدف أداة التقاطع لإيجاد الجزء (المعالم) المشاركة بين طبقتين أو أكثر. فإذا كان لدينا طبقتين أ، ب فأن الطبقة الجديدة الناتجة عن تنفيذ أمر التقاطع ستحتوي جميع المعالم المشتركة بينهما أي المظاهر التي تتواجد في كلتا الطبقتين. وستشمل قاعدة البيانات غير المكانية Attribute Table للطبقة الجديدة كلا من خصائص (أعمدة) الطبقة الأولي و الطبقة الثانية للمعالم المشتركة:

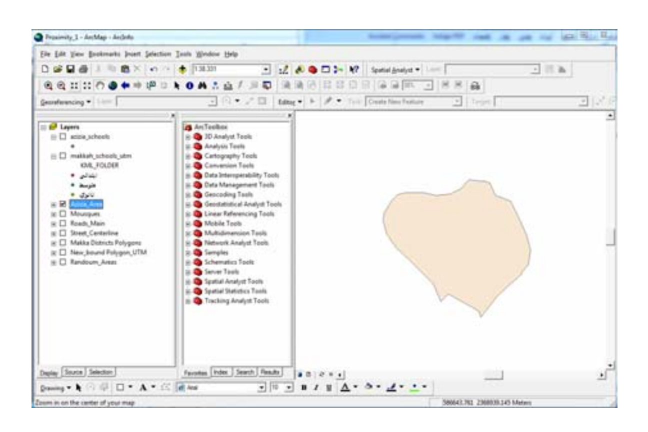


مثال:

إذا كان لدينا طبقة مضلعات تمثل حدود حي العزيزية بمدينة مكة المكرمة و طبقة نقاط تمثل مواقع جميع مدارس مدينة مكة المكرمة:

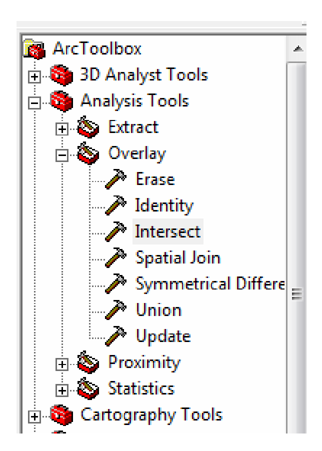


مدارس مدينة مكة المكرمة

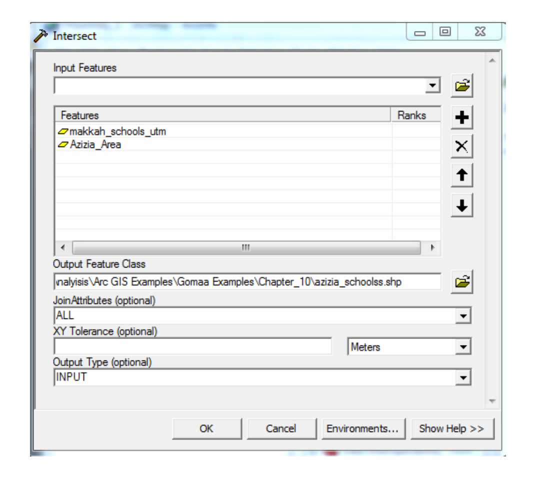


حي العزيزية

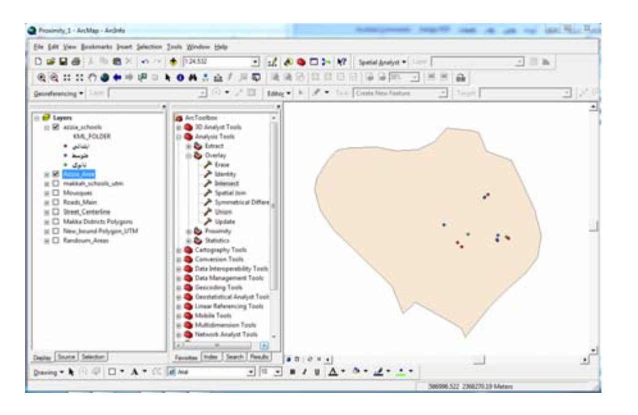
ننفذ أداة التقاطع Intersect من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحليل Analysis Tools :



في الطبقات المدخلة input Features نختار الطبقة الأولى (مدارس مكة المكرمة Makkah_schools_utm) ثم مرة أخرى نختار الطبقة الثانية (حي العزيزية azizia_area) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: azizia_schools ثم نضغط OK:



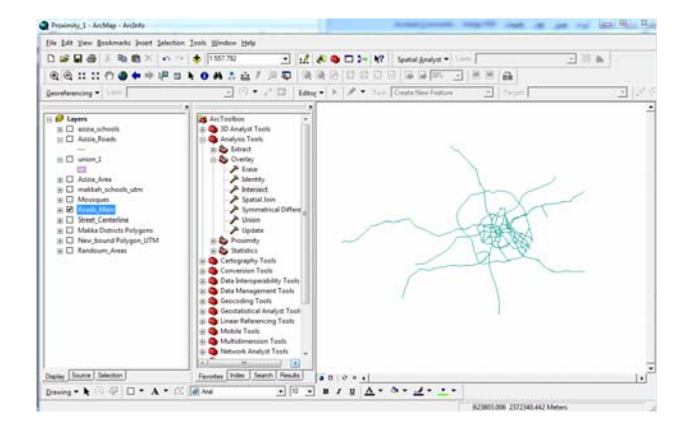
تنتج لنا طبقة التقاطع (azizia_schools) وستكون طبقة نقاط تشمل فقط المدارس الواقعة داخل حي العزيزية:



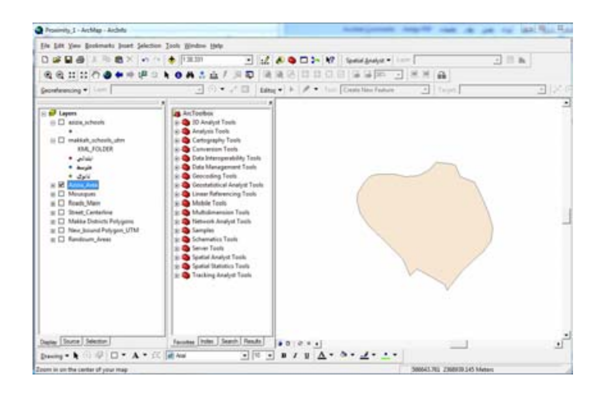
مدارس حي العزيزية

<u>مثال ٢:</u>

إذا كان لدينا طبقة مضلعات تمثل حدود حي العزيزية بمدينة مكة المكرمة و طبقة نقاط تمثل طرق مدينة مكة المكرمة:

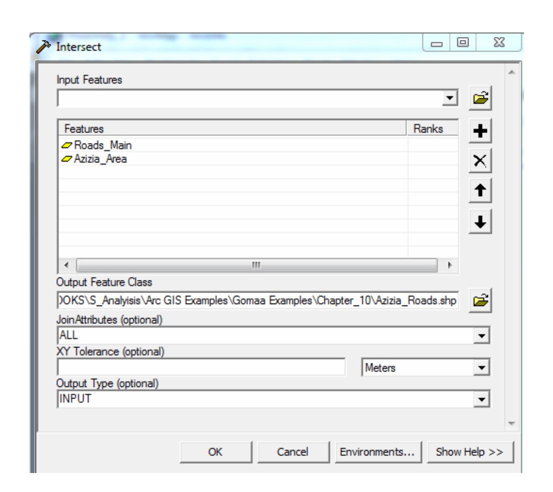


طرق مدينة مكة المكرمة

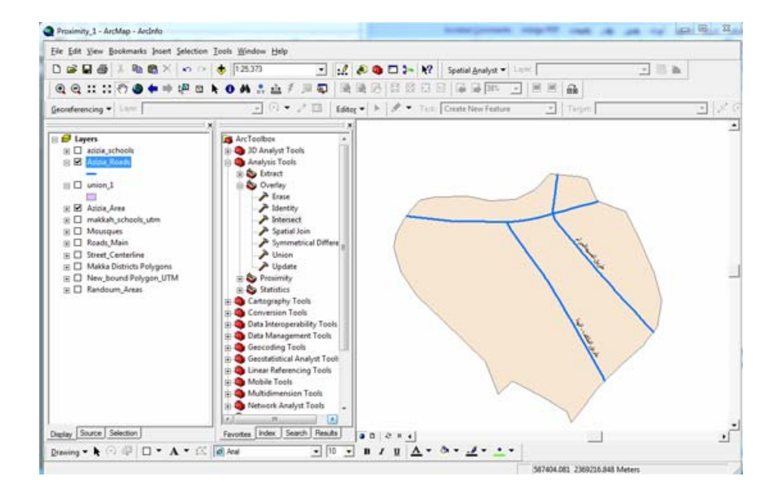


حي العزيزية

ننفذ أداة التقاطع Intersect بحيث تكون الطبقات المدخلة Features input مكونة من الطبقة الأولي (طرق مكة المكرمة Roads_Main) ثم مرة أخري نختار الطبقة الثانية (حي العزيزية azizia_area) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: azizia_roads ثم نضغط OK:



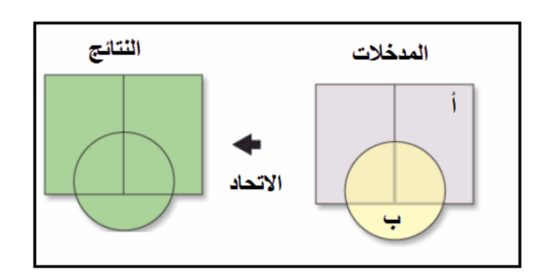
تنتج لنا طبقة التقاطع (azizia_roads) وستكون طبقة خطوط تشمل فقط الطرق الواقعة داخل حي العزيزية:



طرق حي العزيزية

١٠-٢-٢ تحليل الاتحاد Union

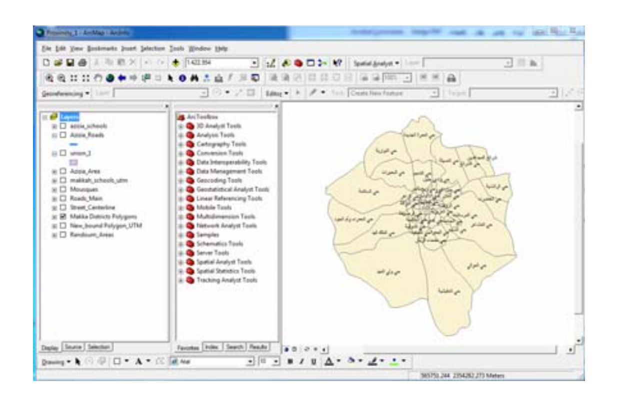
تهدف أداة الاتحاد – كما يبدو من أسمها - لتوحيد جميع معالم (ظاهرات) طبقتين أو أكثر في طبقة جديدة. فإذا كان لدينا طبقتين أ، ب فأن الطبقة الجديدة الناتجة عن تنفيذ أمر الاتحاد ستحتوي جميع معالم الطبقة الأولي بالإضافة لجميع معالم الطبقة الثانية:



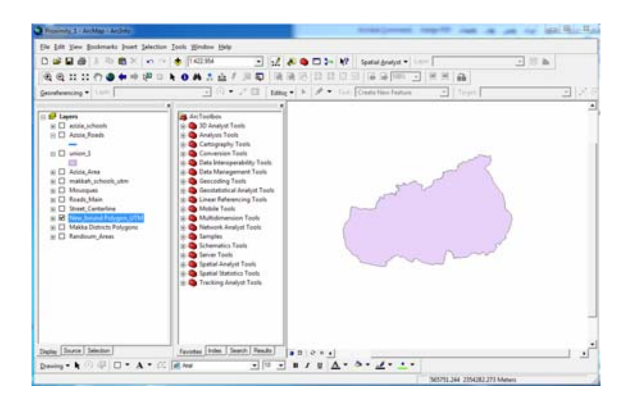
في هذه الأداة يجب أن تكون كلا الطبقتين من نفس النوع (كلاهما مضلعات مثلا) بعكس أداة التقاطع التي تقبل طبقتين من نوعين مختلفين.

مثال:

إذا كان لدينا طبقة مضلعات تمثل أحياء مدينة مكة المكرمة و طبقة مضلعات أخري تمثل حدود منطقة الحرم الشرعية:

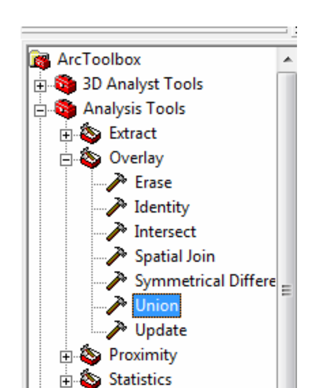


أحياء مدينة مكة المكرمة

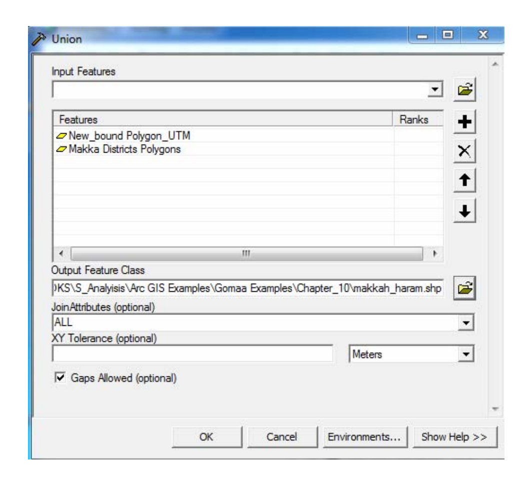


منطقة الحرم الشرعية

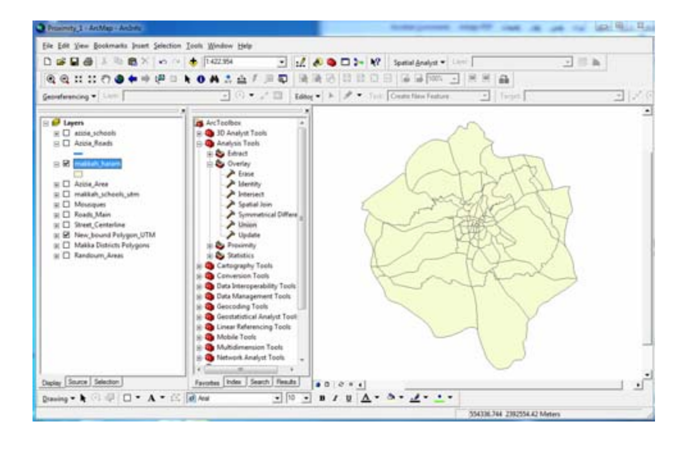
ننفذ أداة الاتحاد Union من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحليل Analysis Tools :



في الطبقات المدخلة Features input نختار الطبقة الأولي (Makkah_districts_Polygons أحياء مكة المكرمة) ثم مرة أخري نختار الطبقة الثانية (حدود منطقة الحرم New_bound_Polygon_utm) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: makkah_haram ثم نضغط OK:

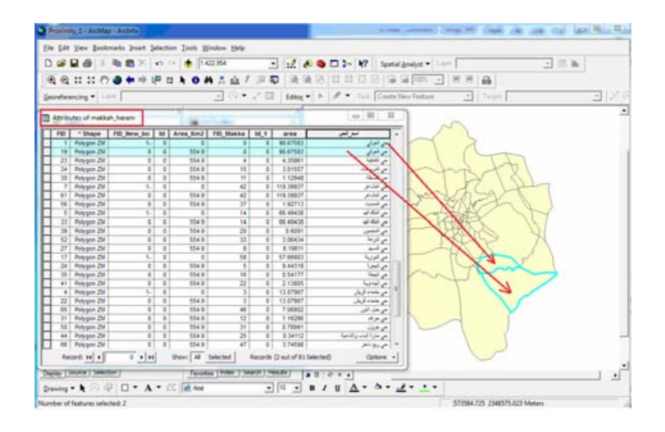


تنتج لنا طبقة التقاطع (makkah_haram) وستكون طبقة مضلعات تشمل معالم أحياء مكة و معالم منطقة الحرم:



أحياء مكة المكرمة و منطقة الحرم الشرعية

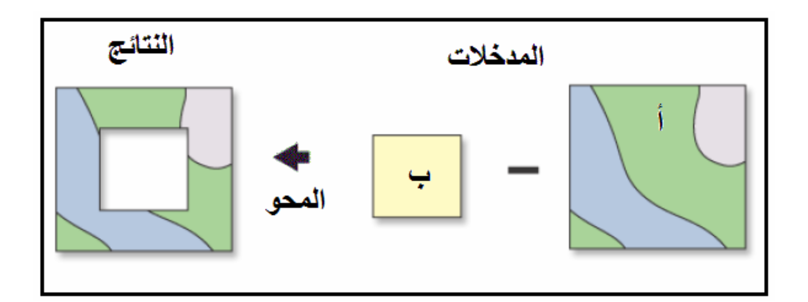
عند فتح قاعدة البيانات غير المكانية attribute table للطبقة الجديدة الناتجة نجد أنها تحتوي ٧٧ مضلع، بينما عدد أحياء مدينة مكة المكرمة يبلغ ٦٠ حيا فقط و طبقة منطقة الحرم كانت تتكون من مضلع واحد فقط. يرجع ذلك إلي أن أداة الاتحاد union قد قسمت بعض المضلعات أو الأحياء التي تشترك في حدودها مع حدود منطقة الحرم إلي جزأين: أحدهما هو الجزء المشترك و الآخر هو الجزء غير المشترك. فعلي سبيل المثال فأن حي العوالي قد تم تجزئته في الطبقة الجديدة إلي جزأين: الجزء الواقع داخل حدود منطقة الحرم الشرعية و الجزء الواقع خارجها:



في بعض التطبيقات تكون هذه الخاصية مفيدة، فمثلا في المثال الحالي يمكن بسهولة حساب مساحة الجزء من حي العوالي الواقع داخل حدود الحرم الشرعية و مساحة الجزء المتبقي من الحي.

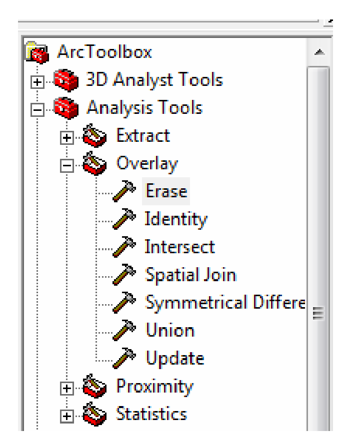
١٠-٢-٣ تحليل المحو Erase

تعد وظيفة أداة المحو (أو الاستبعاد) عكس وظيفة أداة التقاطع، أي أن الطبقة الجديدة الناتجة ستشمل فقط المعالم غير المشتركة بين الطبقتين الأصليتين:

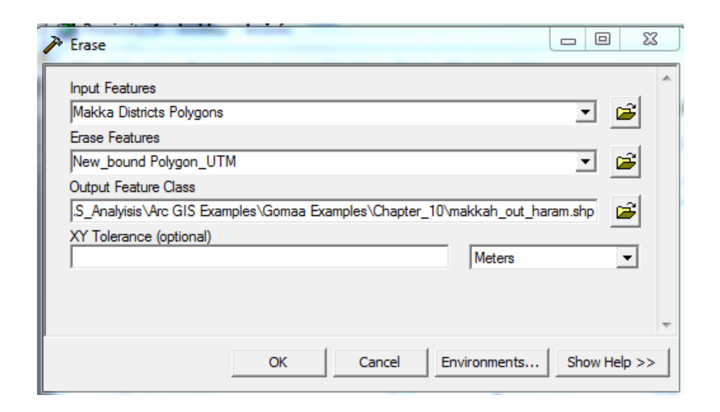


مثال:

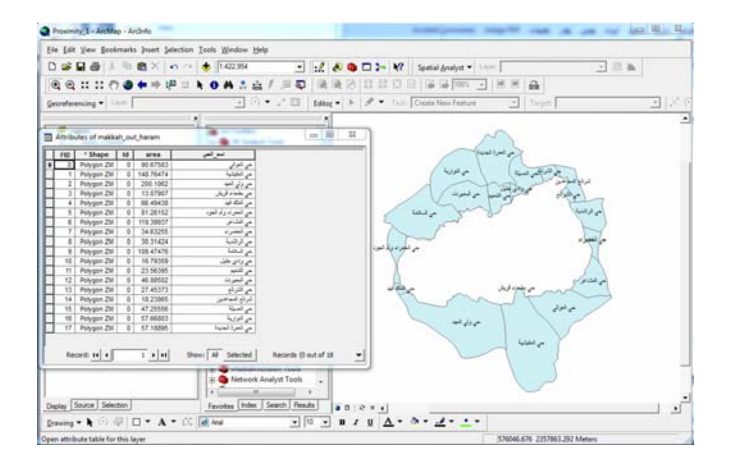
نستخدم أداة المحو Erase من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحليل Analysis Tools :



في الطبقة المدخلة Features input نختار طبقة Makkah_districts_Polygons (أحياء مكة المكرمة) وفي طبقة المحو Erase Features نختار طبقة حدود منطقة الحرم (New_bound_Polygon_utm) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: makkah_out_haram ثم نضغط OK:



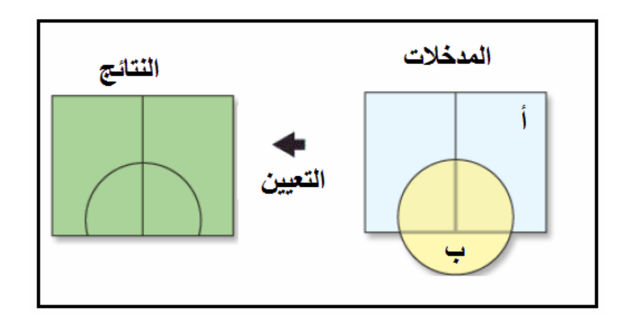
تنتج لنا طبقة المحو (makkah_out_haram) وستكون طبقة مضلعات تشمل معالم أو أجزاء أحياء مكة الواقعة **خارج** منطقة الحرم:



نلاحظ أن محتويات طبقة المحو الجديدة بها ١٨ حي فقط (من إجمالي ٦٠ حي في مدينة مكة المكرمة) حيث أن باقي الأحياء تقع بالكامل داخل حدود طبقة المحو (منطقة الحرم الشرعية) وبالتالي فقد تم محوها من طبقة النتائج.

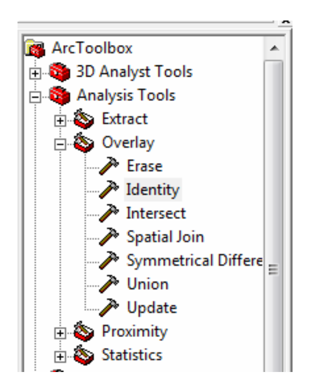
١٠-٢-٤ تحليل التعيين Identify

إن وظيفة أداة التعيين هي ناتج وظيفتي الاتحاد union و المحو erase معا، بمعني أن تحليل التعيين سيقوم أولا باتحاد كلا الطبقتين معا ثم يقوم ثانيا بمحو الأجزاء غير المشتركة بينهما:

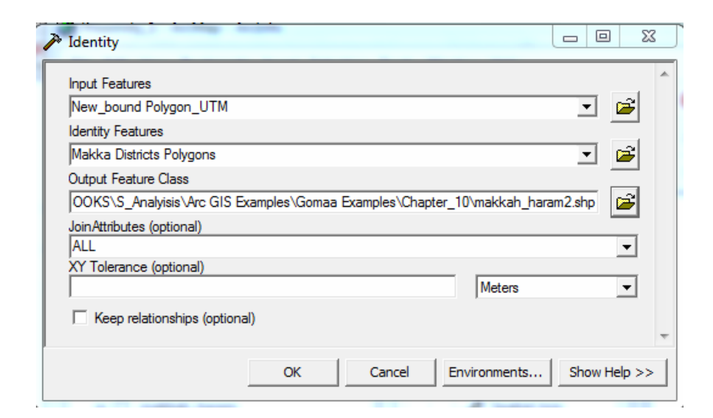


مثال:

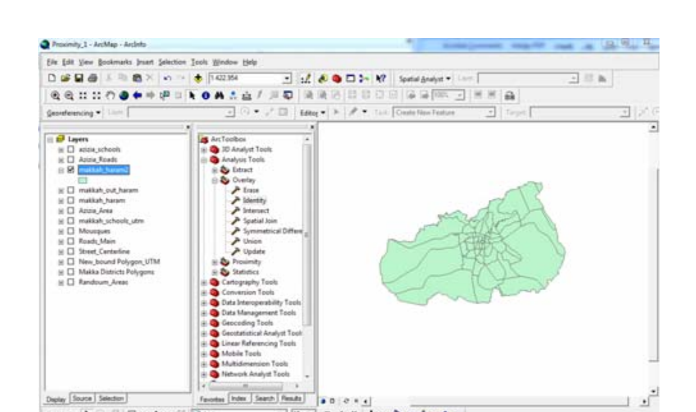
نستخدم أداة التعيين identify من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحليل Analysis Tools :



في الطبقة المدخلة input Features نختار طبقة New_bound_Polygon_utm (منطقة الحرم) وفي طبقة التعيين Identify Features نختار طبقة أحياء مكة المكرمة (Makkah_districts_Polygons) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: makkah _haram2 ثم نضغط OK:



تنتج لنا طبقة التعيين (makkah_haram2) وستكون طبقة مضلعات تشمل معالم أو أجزاء أحياء مكة الواقعة **داخل** منطقة الحرم:

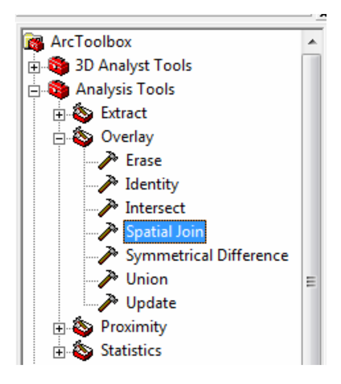


١٠-٢-٥ تحليل الربط المكاني Spatial Join

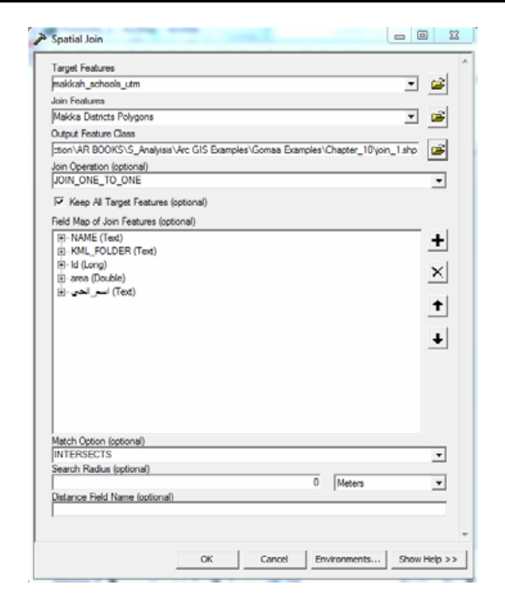
تعمل هذه الأداة علي إضافة أعمدة من قاعدة البيانات غير المكانية attribute table للطبقة الثانية إلي قاعدة البيانات غير المكانية للطبقة الأولي.

مثال:

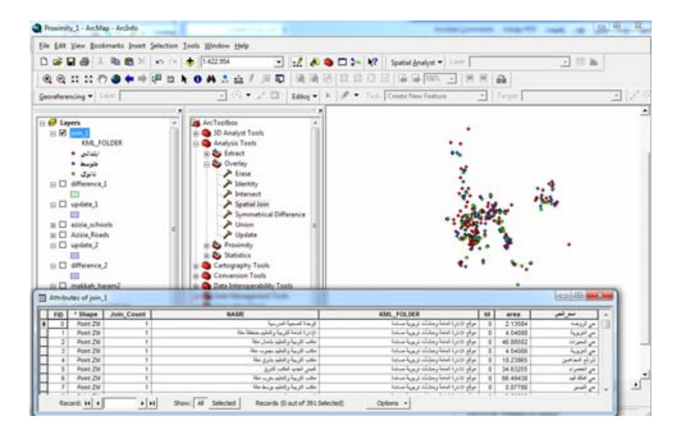
في طبقة مدارس مدينة مكة المكرمة لا يوجد اسم للحي الواقعة به كل مدرسة، بينما أسماء أحياء المدينة المقدسة موجودة بالفعل في طبقة الأحياء. فإذا نفذنا أداة الربط المكاني:



بحيث نختار طبقة المدارس Makkah_schools_utm كطبقة أولي Target Features ثم أخترنا طبقة أحياء مكة المكرمة Makkah_districts_utm كطبقة ربط Join Features :



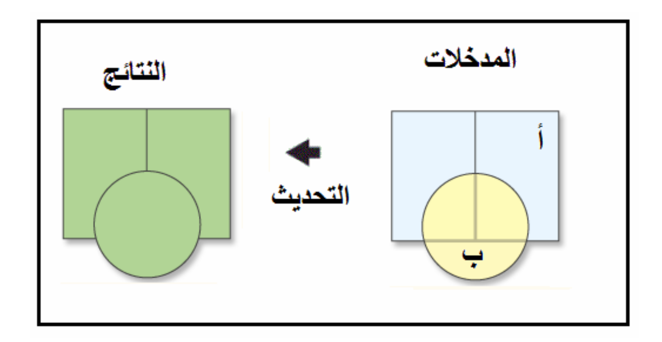
فأن الطبقة الناتجة (طبقة نقاط) ستمثل نسخة طبق الأصل من طبقة المدارس الأصلية لكن ستحتوي عمود جديد (اسم الحي) الموجود في طبقة الأحياء:



وبالتالي سيكون من السهل معرفة الحي الواقعة به أي مدرسة.

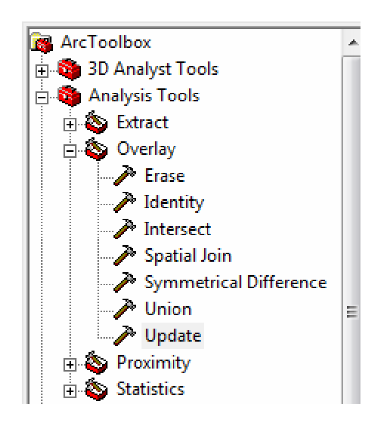
١٠-٢-٦ تحليل التحديث Update

كما هو واضح من أسمها فأن هذه الأداة تقوم بتحديث معالم الطبقة الأولي بمعالم طبقة التحديث الثانية. أي أن الطبقة الجديدة ستحتوي المعالم غير المشتركة (مثل أداة المحو) **بالإضافة** لمعالم الطبقة الثانية:

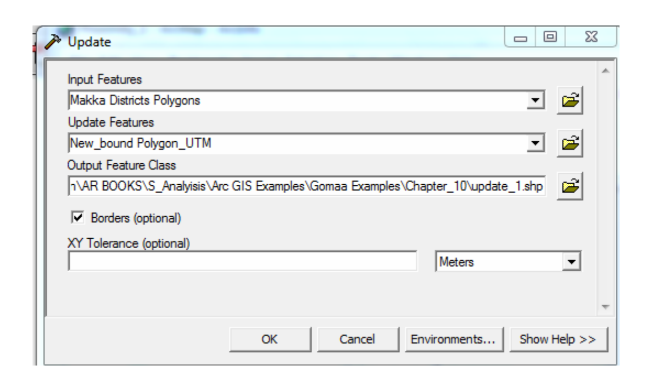


مثال:

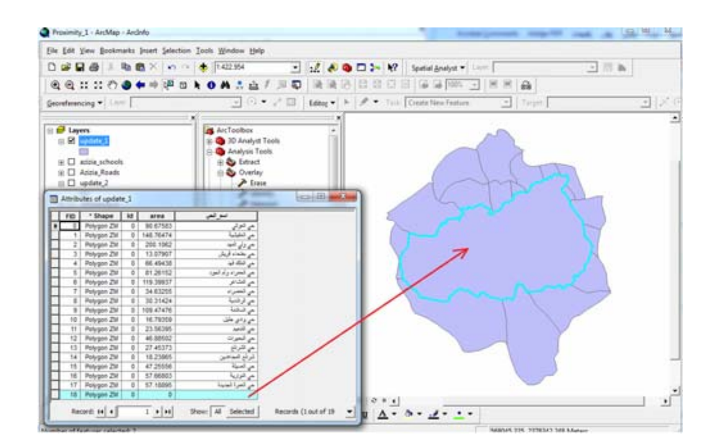
نستخدم أداة التحديث Update من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحليل Analysis Tools :



في الطبقة المدخلة input Features نختار طبقة Makkah_districts_Polygons (أحياء مكة المكرمة) وفي طبقة التعيين Identify Features نختار طبقة منطقة الحرم (New_bound_Polygon_utm) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن التقاطع Output Feature Class وليكن مثلا: update_1 ثم نضغط OK:

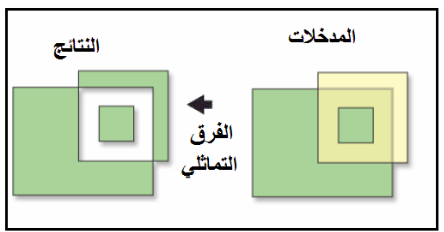


تنتج لنا طبقة التحديث (update_1) وستكون طبقة مضلعات تشمل معالم أو أجزاء أحياء مكة الواقعة **خارج** منطقة الحرم (١٨ مضلع كما في مثال أداة المحو) **بالإضافة** لمضلع منطقة الحرم ذاتها:



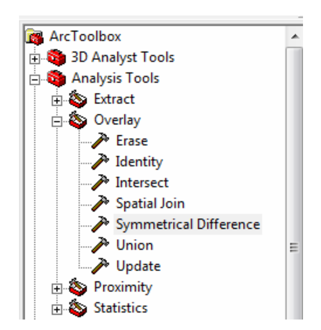
١٠-٢-٧ تحليل الفرق التماثلي Symmetrical Difference

تعمل أداة تحليل الفرق التماثلي علي تنفيذ اتحاد union بين طبقتين مع استبعاد المنطقة المشتركة بينهما:

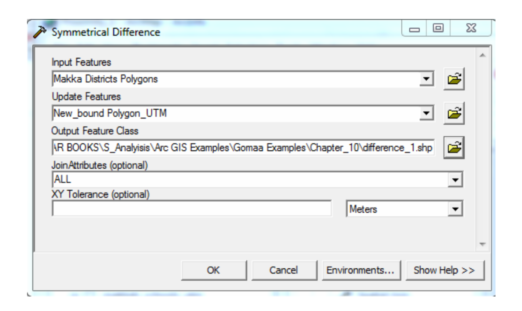


مثال:

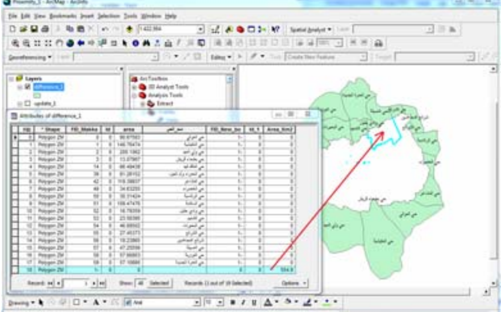
نستخدم أداة الفرق التماثلي symmetrical difference من مجموعة أدوات التراكب Overlay في مجموعة أدوات التحلل Analysis Tools :



في الطبقة المدخلة input Features نختار طبقة Makkah_districts_Polygons (أحياء مكة المكرمة) وفي طبقة التحديث update Features نختار طبقة منطقة الحرم (New_bound_Polygon_utm) ، ونحدد اسم للطبقة الجديدة الناتجة عن الفرق التماثلي Output Feature Class وليكن مثلا: difference_1 ثم نضغط OK:



تنتج لنا طبقة الفرق التماثلي (diffference_1):



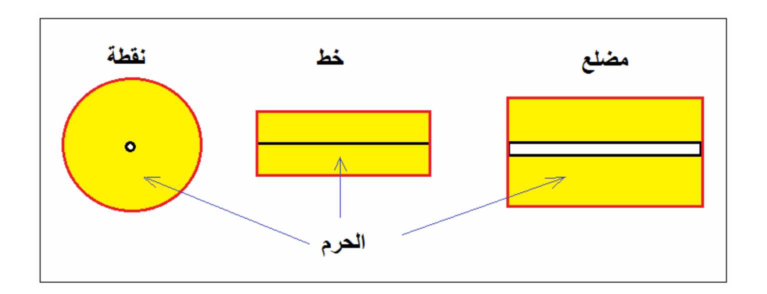
١٠-٣ أدوات تحليل الاقتراب

تهدف هذه المجموعة من أدوات التحليل المكاني لتحديد مدي اقتراب (أو قرب) المعالم المكانية من بعضها البعض.

١٠-٣-١ تحليل الحرم المكاني Buffer

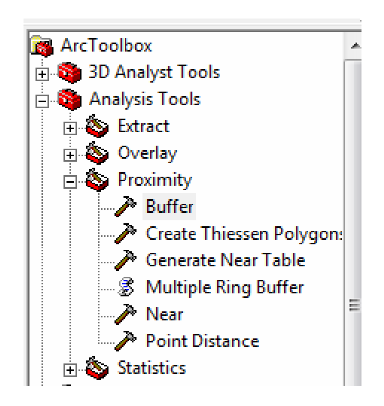
الحرم المكاني أو الحزام المكاني هو تحديد مسافة معينة كحرم أو منطقة اقتراب من معالم مكانية محددة. كمثال فأن مواصفات الهندسة المدنية تنص علي ضرورة أن يكون لكل طريق (أو خط سكة حديدية) حرم مكاني يمنع البناء أو إقامة أية منشئات عليه، و غالبا يسمي باسم "حرم الطريق" ويكون علي بعد أو مسافة ٥٠ مترا علي كلا جانبي الطريق ذاته.

تقوم أداة الحرم المكاني بإنشاء مضلع polygon علي مسافة محددة (ثابتة أو متعددة) ليكون هو منطقة الحرم المكاني للظاهرة التي قد تكون نقاط أو خطوط أو مضلعات:

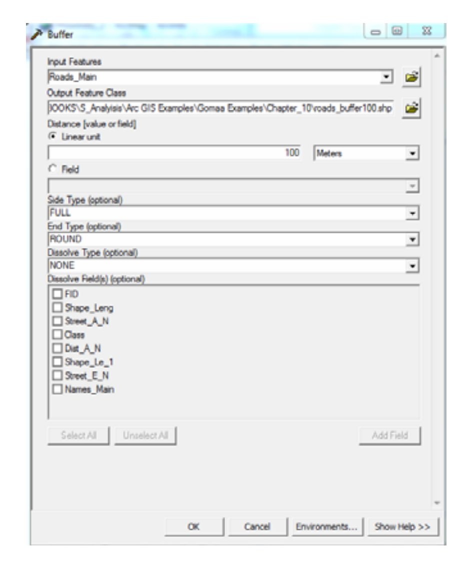


مثال:

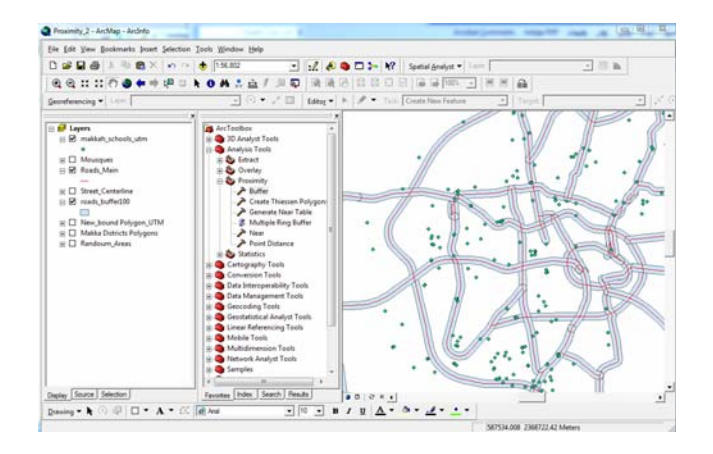
تطبيق أداة الحرم المكاني Buffer من مجموعة أدوات الاقتراب Proximity من أدوات التحليل المكاني Analysis Tools:



سنختار الطبقة المدخلة Input Features لتكون هي طبقة مدارس طرق مكة المكرمة Main_Roads ونحدد اسم الطبقة الناتجة (طبقة الحرم المكاني) Output Feature Class ليكون اسمها مثلا Roads_Buffer100 ثم نحدد قيمة مسافة الحرم المكاني المطلوب Linear Unit لتكون ١٠٠ متر (لاحظ أن الطبقات المستخدمة في كل التمارين في الفصل الحالي لها إحداثيات مترية أو إحداثيات مسقطة بنظام UTM وليست إحداثيات جغرافية) ثم نضغط OK:



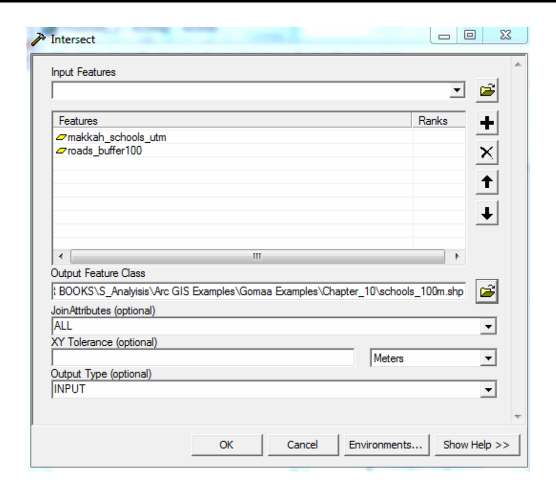
ستكون الطبقة الناتجة (طبقة الحرم المكاني) عبارة عن مجموعة من المضلعات حول كل طريق موجود في طبقة الطرق ويبلغ عرض هذه المضلعات ١٠٠ متر علي كلا جانبي الطريق (للتوضيح سنقوم بعمل تكبير zoom علي المنطقة المركزية بمدينة مكة المكرمة) كما في الشكل التالي:



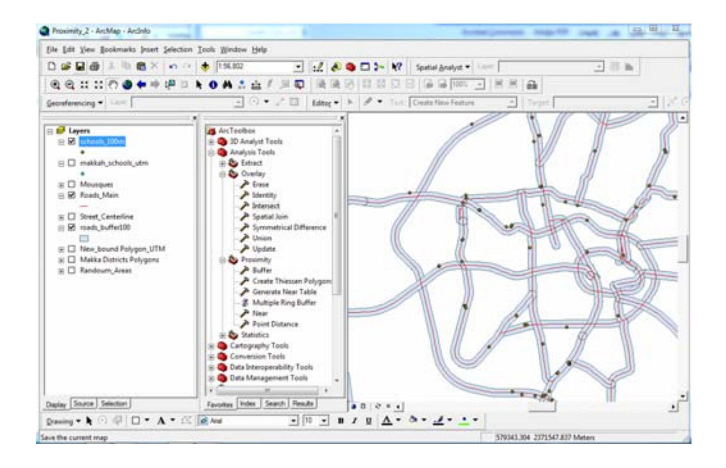
الآن سنسأل أنفسنا السؤال المنطقي: **كيف سنستفيد من طبقة الحرم المكاني بعد الحصول عليها؟**

سنطرح في المثال الحالي سؤال نريد الإجابة عليه وهو: أي مدارس مكة المكرمة تقع علي مسافة أقل من ١٠٠ متر عن طريق رئيسي؟

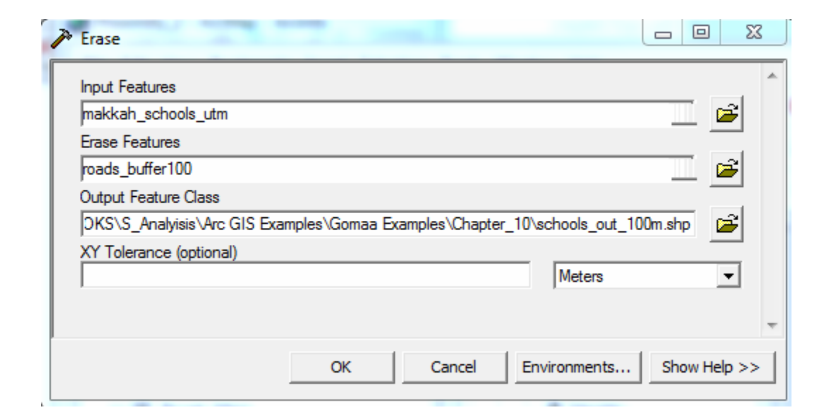
الإجابة ببساطة ستتمثل في استخدام أداة التقاطع intersect السابق شرحها، بحيث سنحدد التقاطع بين طبقة المدارس makkah_schools_utm و طبقة الحرم المكاني حول الطرق Rosds_buffer100 (التي أنشأناها في الخطوة السابقة):



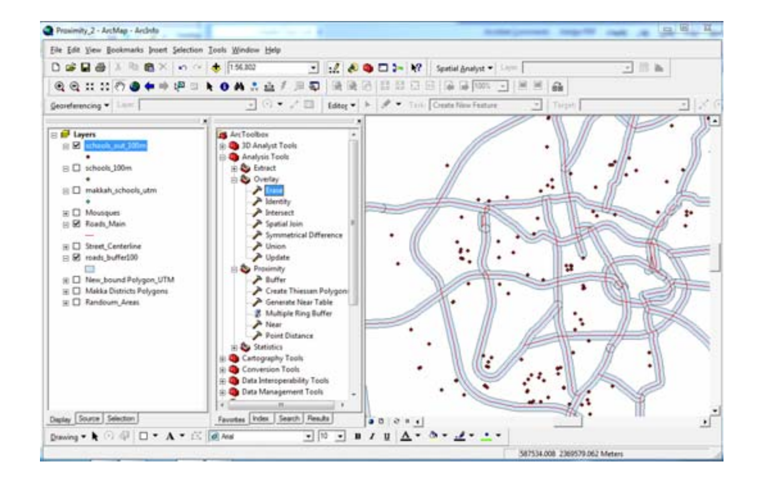
هنا ستكون الطبقة الناتجة عبارة عن المدارس التي تقع داخل مضلعات الحرم المكاني، أي المدارس التي تقع في حدود ١٠٠ متر من الطرق الرئيسية:



أما في حالة كون السؤال الذي نريد الإجابة عليه هو: أي مدارس مكة المكرمة تقع علي مسافة أكبر من ١٠٠ متر عن طريق رئيسي؟ فأن الإجابة ستتمثل في استخدام أداة المحو Erase السابق شرحها، بحيث سيكون المحو بين طبقة المدارس makkah_schools_utm و طبقة الحرم المكاني حول الطرق Rosds_buffer100:



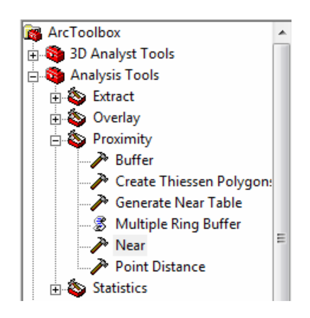
ومن ثم فأن الطبقة الناتجة عبارة عن المدارس التي تقع خارج مضلعات الحرم المكاني، أي المدارس التي تبعد بأكثر من ١٠٠ متر عن الطرق الرئيسية:



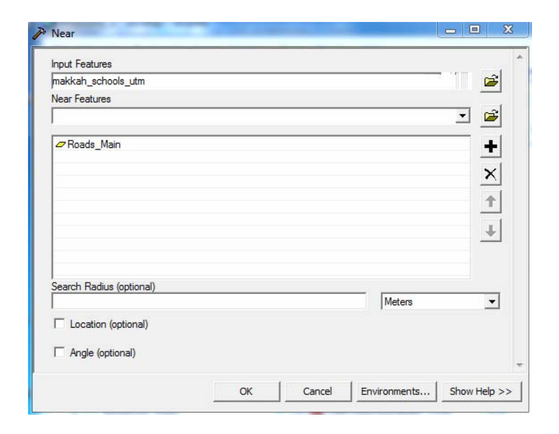
١٠-٣-٢ تحليل أقرب ظاهرة Near

تحدد أداة أقرب ظاهرة المسافة بين معالم الطبقة الأولي و أقرب معلم لها من معالم الطبقة الثانية. فمثلا إن كان لدينا طبقتي مدارس و طرق ونريد أن نحدد أقرب طريق لكل مدرسة من المدارس وبأي مسافة يبعد عنها.

نستخدم أداة Near من أدوات الاقتراب Proximity من أدوات التحليل المكاني Analysis Tools:



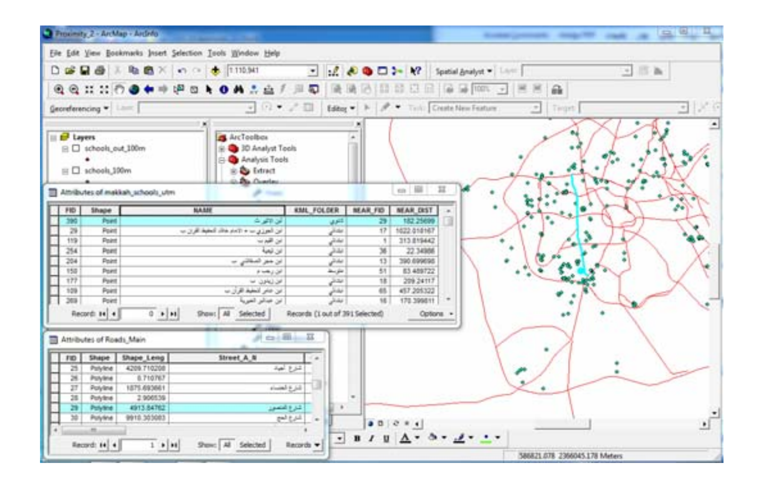
وتكون الطبقة المدخلة Input Features هي طبقة المدارس بينما تكون طبقة أقرب ظاهرة Near Features هي طبقة الطرق (لا توجد طبقة جديدة كنتائج output features):



عند فتح قاعدة البيانات غير المكانية attribute table لطبقة المدارس (الطبقة المدخلة) نجد أن هناك عمودين جديدين قد تم إضافتهما للطبقة:

- عمود Near_Dist وبه قيمة أقرب المسافة عن أقرب طريق لكل مدرسة
- عمود Near_FID وبه رقم أقرب طريق من كل مدرسة (المناظر لهذا الطريق في طبقة الطرق)

فعلي سبيل المثال فأن أقرب طريق لمدرسة ابن الأثير الثانوية يقع علي بعد ١٨٢.٢٥ متر منها و هو الطريق رقم ٢٩ في طبقة الطرق (شارع المنصور من قاعدة بيانات طبقة الطرق):



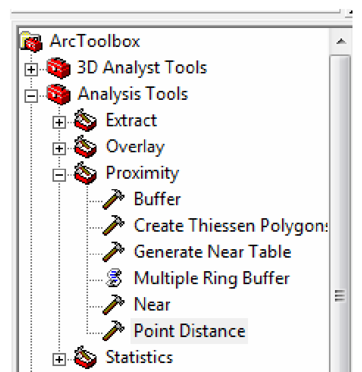
١٠-٣-٣ تحليل المسافة بين النقاط Point Distance

تحسب هذه الأداة قيمة المسافات بين كل معلم من معالم الطبقة الأولي إلي كل معلم من معالم الطبقة الثانية.

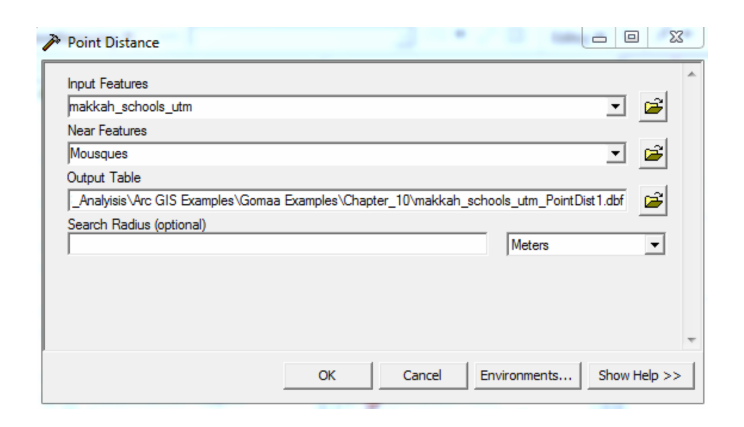
هنا لا بد أن تكون كلا الطبقتين من نفس النوع (طبقة نقاط) وستكون النتائج مكتوبة في ملف Table (من نوع dbf أو Database) وليس في طبقة. وفي حالة عدم تحديد مقدار (أو حرم معين) للمسافة المطلوب حسابها فأن عدد المسافات سيكون ضخما حيث أن كل معلم من الطبقة الأولي سيتم حساب مسافته إلي جميع معالم الطبقة الثانية.

مثال:

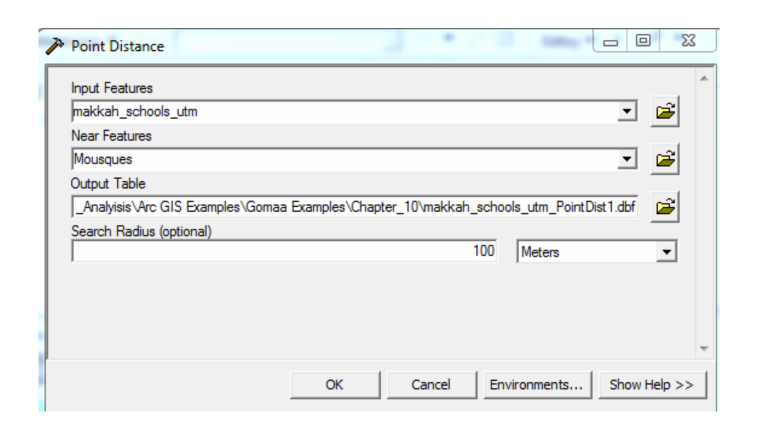
لحساب المسافة بين كل مدرسة من مدارس مدينة مكة المكرمة و مساجد المدينة: نستخدم أداة Point Distance من أدوات الاقتراب Proximity من أدوات التحليل المكاني Analysis Tools:



نحدد في الطبقة المدخلة Input Features اسم طبقة مدارس مدينة مكة المكرمة ثم نحدد في الطبقة الثانية (طبقة المسافات) Near Features طبقة مساجد مكة المكرمة ثم نحدد اسم للجدول Table الذي سيضم نتائج المسافات Output Table ثم نضغط OK:



الآن سنحدد مسافة معينة Search Radius (١٠٠ متر) لحساب المسافة بين كل مدرسة و المساجد القريبة حولها في حدود ١٠٠ متر فقط:



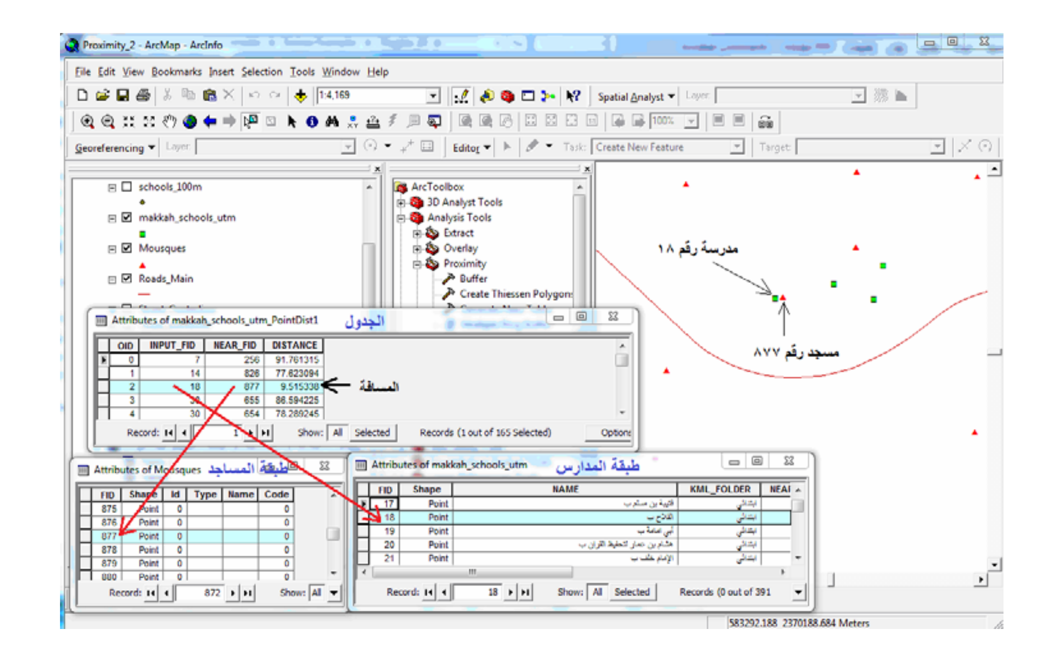
الآن سنضيف الجدول الناتج إلي المشروع الحالي (من خلال أمر Add Data) ونفتحه فنري أنه يضم ١٦٥ سطر، أي أن هناك ١٦٥ مدرسة يوجد حولها مساجد تقع في حدود ١٠٠ متر.

<u>في هذا الجدول نجد ٤ أعمدة:</u>

- عمود OID لترقيم المعالم في الجدول
- عمود Input_Fid يحدد رقم المدرسة في قاعدة بيانات طبقة المدارس
- عمود Near_Fid يحدد رقم المسجد القريب في قاعدة بيانات طبقة المساجد
- عمود Distance يحدد المسافة بين كل مدرسة وكل مسجد قريب

<u>فعلي سبيل المثال (الشكل التالي) نجد أن:</u>

- في عمود OID فأن المعلم رقم ٢ يقابل:
- عمود Input_Fid رقم المدرسة = ١٨ في قاعدة بيانات طبقة المدارس (مدرسة الفلاح الابتدائية)
- عمود Near_Fid رقم المسجد القريب = ٨٧٧ في قاعدة بيانات طبقة المساجد
- عمود Distance المسافة بين المدرسة ١٨ و المسجد ٨٧٧ تبلغ ٩.٥ متر



الفصل الحادي عشر

التحليل الهيدرولوجي من ملفات DEM

١١-١ مقدمة

يمثل ملف الارتفاعات الرقمية DEM تضاريس و طبوغرافية سطح الأرض في صورة شبكية، ومن ثم فأن دراسة و تحليل هذا النوع من الملفات يعطي بيانات غاية في الأهمية للعديد من التطبيقات الهندسية و البيئية و الجغرافية. من تطبيقات دراسة ملفات DEM استنباط الخصائص الهيدرولوجية لمنطقة الدراسة و معرفة أحواضها الرئيسية و الفرعية و معرفة اتجاه سريان و تجمع المياه السطحية عقب هطول الأمطار ... الخ و هو ما يعرف بالتحليل الهيدرولوجي في إطار نظم المعلومات الجغرافية.

يشمل التحليل الهيدرولوجي في برنامج Arc GIS (في برنامج صندوق الأدوات Arc Toolbox بالتحديد) عدد من الأوامر أو الأدوات تشمل:

الأداة	الوظيفة
Basin	إنشاء ملف شبكي raster يحدد أودية التصريف
Fill	ملئ السطح الشبكي لإزالة البيانات الشاذة غير الحقيقية
Flow Accumulation	إنشاء ملف شبكي للسريان المتجمع في كل خليه
Flow Direction	تحديد اتجاه سريان المياه من كل خلية للخلايا المجاورة لها
Flow Length	حساب طول مجري السريان
Sink	ملئ السطح الشبكي لإزالة البيانات الشاذة غير الحقيقية
Snap Pour Points	تحديد النقطة التي لها أكبر جريان متجمع
Streak Link	إعطاء قيمة محددة لأجزاء الشبكة بين نقاط تقاطعاتها
Stream Order	إعطاء رتبة لكل جزء من أجزاء شبكة التصريف
Stream to Feature	تحويل الملف الشبكي الممثل لشبكة التصريف إلي ملف خطي
Watershed	تحديد المساحة المتصلة (حوض)

تجدر الإشارة لوجود برامج متعددة للتحليل الهيدرولوجي - مثل برنامج Watershed Modelling System أو اختصارا WMS - وبعضها يعمل داخل بيئة Arc GIS تشمل أدوات هيدرولوجية أكثر (مثل برنامج Arc Hydro وبرنامج TauDEM). لكننا سنكتفي في هذا الفصل بتطبيق أدوات التحليل الهيدرولوجي الموجودة في Arc GIS ذاته.

١١-٢ تحميل ملفات DEM العالمية

كما سبق الذكر في الفصل الخامس أن هناك عدة مصادر للحصول علي أو إنشاء نموذج ارتفاعات رقمي DEM، ومن هذه المصادر نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية Global DEM وهي مجانية و سهلة الحصول عليها من الانترنت مما يجعلها بديلا مناسبا و اقتصاديا للعديد من مستخدمي تقنية نظم المعلومات الجغرافية في حالة عدم توافر ملفات DEM أخري. من أشهر و أفضل نماذج الارتفاعات الرقمية العالمية نموذج SRTM3 وسنتناول بالشرح كيفية تحميل ملفاته.

استيراد بيانات نموذج الارتفاعات SRTM3

توجد طريقتان لاستيراد ملفات نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM3: إما مباشرة من مواقع الانترنت التي تعرض بيانات هذا النموذج، أو لإتمام الاستيراد من داخل برنامج الجلوبال مابر ذاته. سنتناول هنا الطريقة الأولي فقط (الطريقة الثانية مشروحة في كتابي المدخل إلي الخرائط الرقمية).

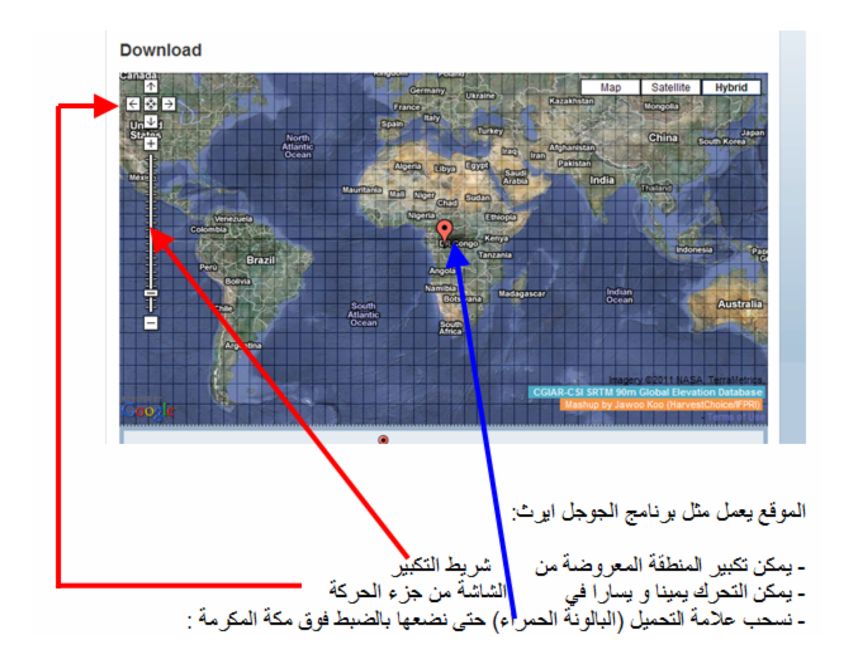
الطريقة الأولي:

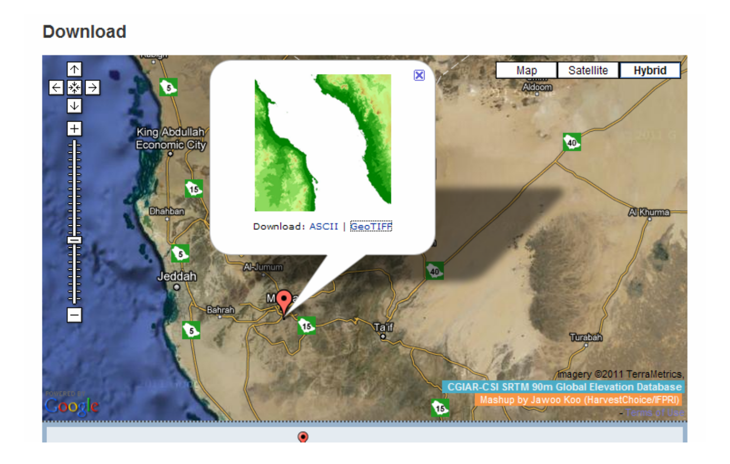
توجد عدة مواقع و عدة طرق لتحميل بيانات نموذج SRTM إلا أن أسهل المواقع للتحميل هو:

http://www.cgiar-csi.org/data/elevation/item/45-srtm-90m-digital-elevation-database-v41



ننزل في نهاية الصفحة لجزء التحميل بالاستعراض:





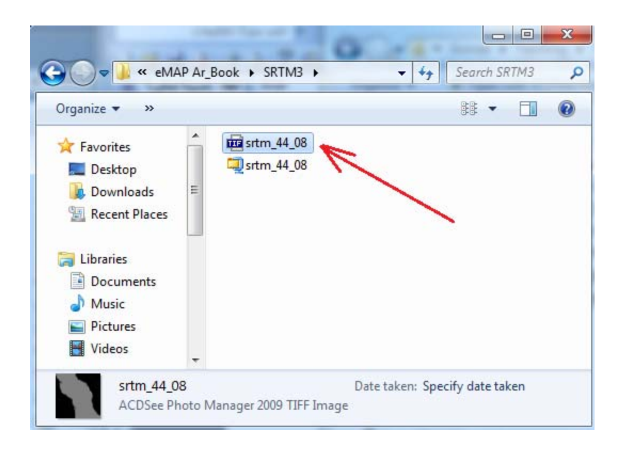
عندها تظهر صورة مصغرة للملف المطلوب تحميله (الذي يغطي المنطقة المطلوبة) فنضغط أيقونة GeoTIFF لتحميل الملف في صورة raster (يمكن أيضا تحميله في صورة ASCII):

بعد عدة ثواني تظهر نافذة تحميل الملف المطلوب:



فنضغط **حفظ** ، و طبقا لسرعة تحميل الانترنت سيتم تحميل الملف في عدة ثواني أو أكثر فحجمه ١٩ ميجا فقط

بفك الضغط عن هذا الملف (ببرنامج WinZip أو Winrare) فنحصل علي ملف صورة srtm_44_08.tif ويكون حجمه ٦٩ ميجا بايت تقريبا:



مشكلة هذا الموقع (هذه الطريقة) أن كل ملف يغطي منطقة تشمل ٥ درجات من خطوط الطول و ٥ درجات من دوائر العرض (لذلك حجم الملف كبير نسبيا). مثلا الملف السابق سيغطي المنطقة من دائرة عرض ٢٠ شمالا إلي دائرة عرض ٢٥ شمالا و من خط طول ٣٥ شرقا إلي خط طول ٤٠ شرقا. لذلك سنحتاج لطريقة للاقتطاع منطقة الدراسة (مثلا مدينة مكة المكرمة) سواء باستخدام برنامج الجلوبال مابر نفسه أو باستخدام الأدوات المتقدمة للتحليل المكاني في برنامج Arc GIS. لكن – وعلي الجاني الآخر – فأن هذا الموقع يتميز بسهولة التشغيل و التحميل كما رأينا.

الطريقة الثانية:

تعتمد هذه الطريقة علي التحميل المباشر من الموقع الرسمي لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا (باستخدام بروتوكول الانترنت المعروف باسم ftp). يجب ملاحظة أن بعض برامج الاتصال بالانترنت (وخاصة من سيرفرات بعض الجهات الحكومية) لا تدعم بروتوكول ftp الخاص بتبادل الملفات عبر الانترنت – وهو المختلف عن بروتوكول http العادي المستخدم في عرض صفحات الانترنت – ويجب أولا ضبط إعدادات برنامج الانترنت – سواء الاكسبلورور العادي أو أي برنامج متصفح آخر – ليدعم تشغيل ftp قبل البدء في الخطوات التالية.

الدخول لسيرفر بيانات نموذج SRTM من الرابط:

ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/

سنجد ٣ مجلدات للبيانات:

- SRTM1 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ١ ثانية (أي حوالي ٣٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٣٠ متر. وللأسف الشديد أن هذا النموذج معلن فقط للأراضي الأمريكية وسري لباقي دول العالم حيث أنه أدق نماذج SRTM الثلاثة.

- SRTM3 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ٣ ثانية (أي حوالي ٩٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٩٠ متر.

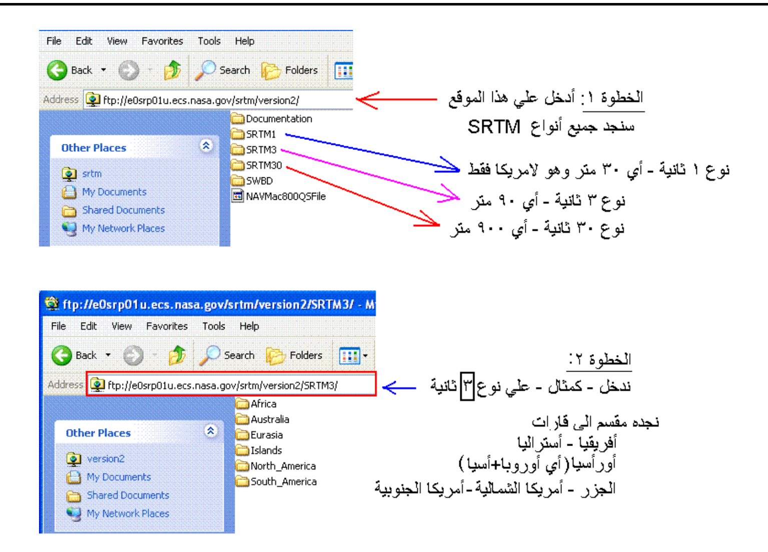
- SRTM30 وهو النموذج الذي يتمتع بقوة توضيحية أفقية horizontal resolution تبلغ ٣٠ ثانية (أي حوالي ٩٠٠ متر) وهذا يعني أن المسافة الأفقية بين كل نقطتين متتاليتين معلوم الارتفاع عندهما تبلغ ٩٠٠ متر.

للتحميل من نموذج SRTM3 :

بمجرد الضغط مرتين double click علي مجلد SRTM3 في الرابط:

ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/srtm3/

سنجد البيانات مقسمة في مجلدات كل مجلد يغطي قارة بأكملها كما في الصورة التالية:



إذا أخذنا مثال لبيانات قارة أفريقيا (أي دخلنا داخل مجلد Africa) سنجد الملفات مرتبة بأسمائها، واسم كل ملف يحدد المنطقة التي تغطيها بيانات هذا الملف.

لتخزين ملف معين هناك طريقتين:

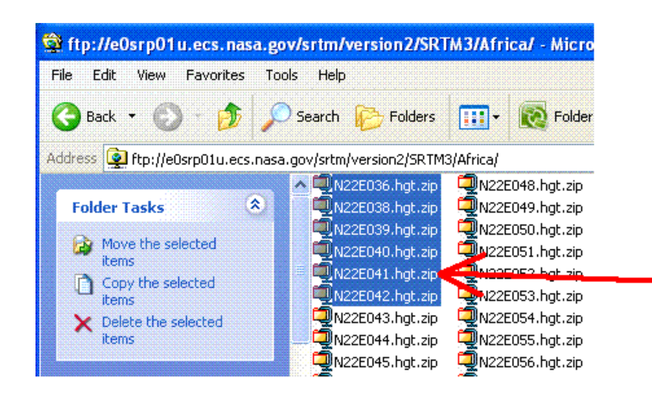
- بالضغط بالزر الأيمن للماوس علي اسم الملف ستظهر قائمة نختار منها أمر "نسخ إلي مجلد" copy to folder وباختيار هذا الأمر نحدد اسم المجلد (علي الهارد ديسك) المطلوب نسخ الملف إليه.

- أو يمكن اختيار أمر نسخ copy ثم من الويندوز نذهب للمكان المطلوب النسخ إليه ثم نضغط الزر الأيمن للماوس ونختار لصق paste (مثل طريقة نسخ الملفات في الويندوز العادية).



ملاحظات هامة:

أولا: طريقة تقسيم ملفات SRTM3 داخل مجلدات بأسماء القارات تمت بحيث قسمت الأرض إلي مربعات يغطي كل مربع قارة بأكملها. لكن هذه الطريقة أثارت مشكلة: لوضع مربع جول قارة أفريقيا بأكملها فقد دخلت بعض أجزاء من غرب قارة أسيا داخل هذا المربع الكبير! وأدي هذا إلي وجود ملفات تغطي غرب آسيا داخل مجلد قارة أفريقيا ، وخاصة الملفات التي تغطي غرب المملكة العربية السعودية علي سبيل المثال:



٥ يجب ملاحظة أن تقطيع الملفات طبقا للقارات تم بصورة مربعة تماما وهذا أدي الي أن بعض ملفات لمناطق تقع في غرب قارة اسيا دخلت تحت مجلد أفريقيا

مثال: هذه الملفات لمناطق في السعودية ومع ذلك نجدها في مجلد أفريقيا !! لذلك يجب البحث عن المنطقة المطلوبه في كلا المجلدين : أفريقيا و أورو-أسيا

ثانيا: حجم كل ملف من ملفات نموذج SRTM3 يبلغ أقل من ١.٥ ميجابايت فقط ، أي أن تحميل الملفات لن يستغرق وقتا طويلا.

تتميز هذه الطريقة (هذا الموقع) أن كل ملف سيغطي منطقة تمتد درجة واحدة من خطوط الطول و درجة واحدة من دوائر العرض، وبالتالي فأن حجم الملف صغير نسبيا بالمقارنة بحجم ملفات الطريقة الأولي. لكن علي الجانب الآخر فأن ملفات هذا الموقع (هذه الطريقة) وبعد فك الضغط عنها تكون من نوع (صيغة) hgt وهي صيغة لا يستطيع برامج كثيرة (مثل Arc Map) التعامل معها مباشرة، وهنا يأتي دور برنامج الجلوبال مابر لفتح هذا النوع من الملفات ثم إعادة تصديره إلي صيغة أخري.

في التمارين التالي سنعتمد علي ملف SRTM3 الذي يغطي جزء من منطقة مكة المكرمة الإدارية:

١- علي القارئ أن يقوم بتحميل الملف المسمي **srtm_44_08.zip** كما في الخطوات السابقة.

٢- أو أن يحصل عليه - مباشرة - من مجلد التمارين العملية للكتاب وهو في:

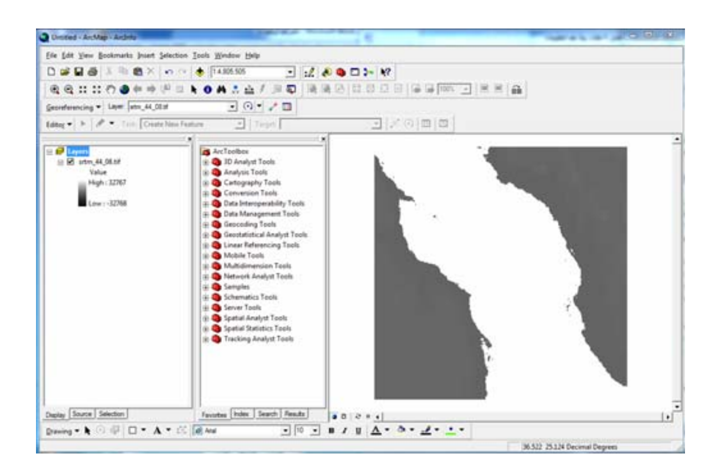
https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

١١-٣ أدوات التحليل الهيدرولوجي في Arc Toolbox

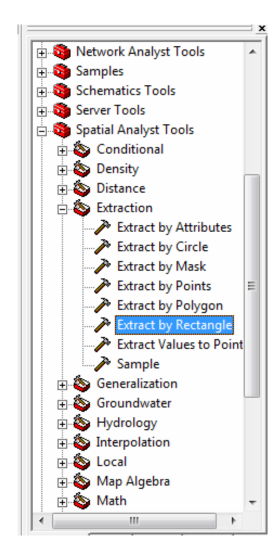
في التمرين الحالي سنقوم فقط بالتعامل مع بيانات تضاريس مدينة مكة المكرمة، والتي تمتد في خطوط الطول من ٣٥' ٣٩° شرقا إلي ٠٢' ٤٠° شرقا وفي دوائر العرض من ٠٩' ٢١° شمالا إلي ٣٧' ٢١° شمالا. بداية سنقوم بتحويل هذه الإحداثيات إلي صيغة الدرجات فقط، بأن نقوم بقسمة الدقائق علي ٦٠ و جمعها مع قيم الدرجات:

٣٥' ٣٩° = (٣٥ ÷ ٦٠) + ٣٩ = ٣٩.٥٨٣٣٣٣ درجة
٢' ٤٠° = (٢ ÷ ٦٠) + ٤٠ = ٤٠.٠٣٣٣٣٣ درجة
٩' ٢١° = (٩ ÷ ٦٠) + ٢١ = ٢١.١٥ درجة
٣٧' ٢١° = (٣٧ ÷ ٦٠) + ٢١ = ٢١.٦١٦٦٦٧ درجة

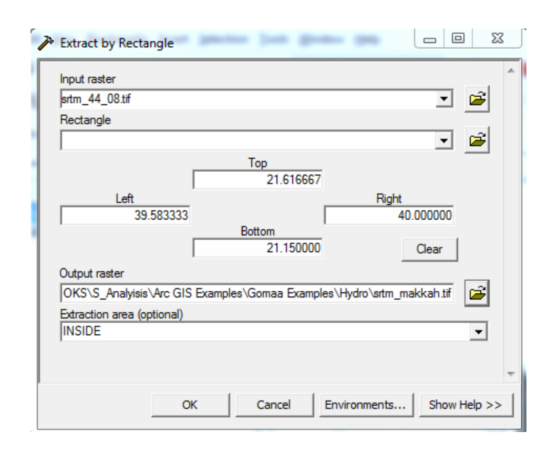
نفتح ملف Arc Map جديد ونقوم بإضافة الملف الشبكي srtm_44_08.tif والذي يغطي المنطقة من خط طول ٣٥° شرقا إلي خط طول ٤٠° شرقا ومن دائرة عرض ٢٠° شمالا إلي دائرة عرض ٢٥° شمالا:



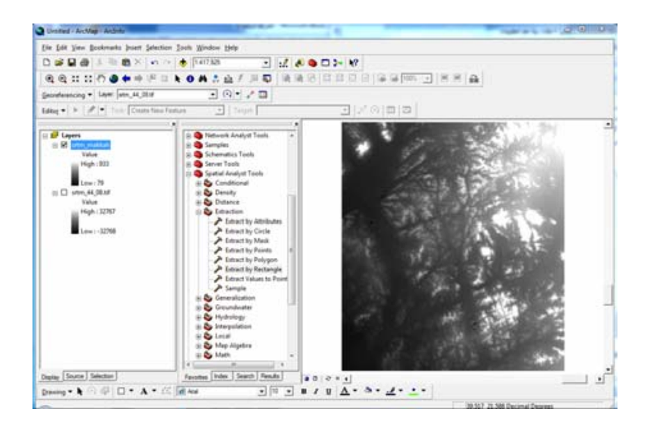
ثم نستخدم أداه الاقتطاع (من الملفات الشبكية) باستخدام مستطيل Extract by Rectangle الموجودة في مجموعة الاقتطاع Extraction من مجموعة أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools:



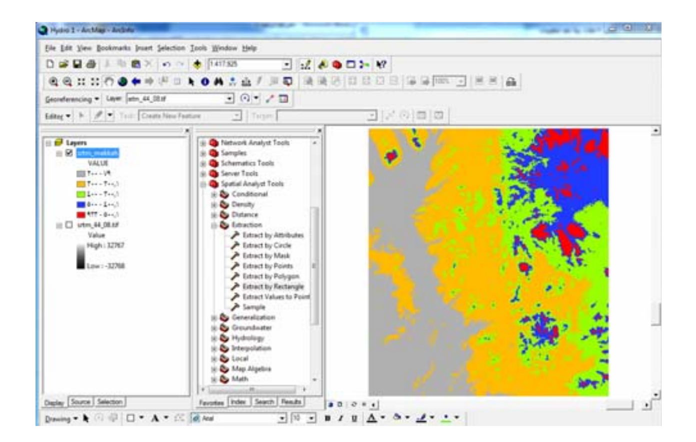
وذلك بهدف اقتطاع الجزء من ملف DEM المقابل لحدود مدينة مكة المكرمة. نحدد اسم الطبقة الأصلية raster input ليكون srtm_44_08.tif ثم نحدد حدود المستطيل المطلوب اقتطاعه (حدود مدينة مكة المكرمة) وأيضا نحدد اسم للملف الشبكي الجديد output raster ليكون مثلا srtm_makkah.tif وفي السطر الأخير extraction area نتركه كما هو inside حتى يتم الاقتطاع داخل حدود المستطيل المطلوب:



ثم نضغط OK، لنحصل علي الصورة DEM الجديد:

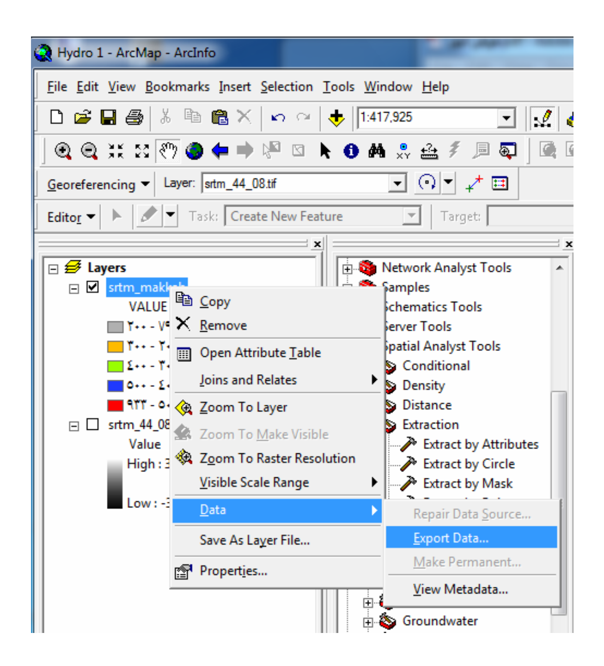


نلاحظ (من قائمة المحتويات) أن الارتفاعات لمدينة مكة المكرمة تتراوح بين ٧٩ متر و ٩٣٣ متر. للتعرف أكثر عن طبوغرافية منطقة الدراسة نقوم بتغيير نوع الترميز Symbology من stretched إلي classified ونغير طريقة الألوان color ramp لتصبح الخريطة:

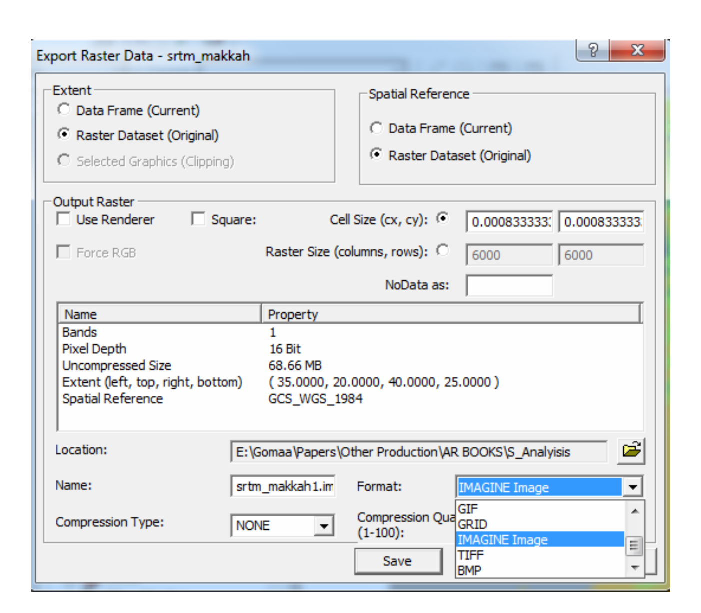


الخطوة ١: تغيير صيغة الملف

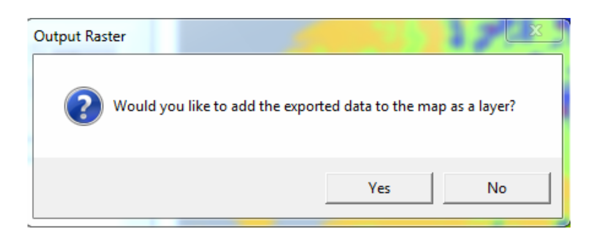
لتغيير صيغة format ملف الارتفاعات الرقمية من صيغة tif إلي صيغة grid نضغط علي اسم الملف في قائمة المحتويات ثم نختار أمر البيانات Data ومن نختار أمر تصدير :Export



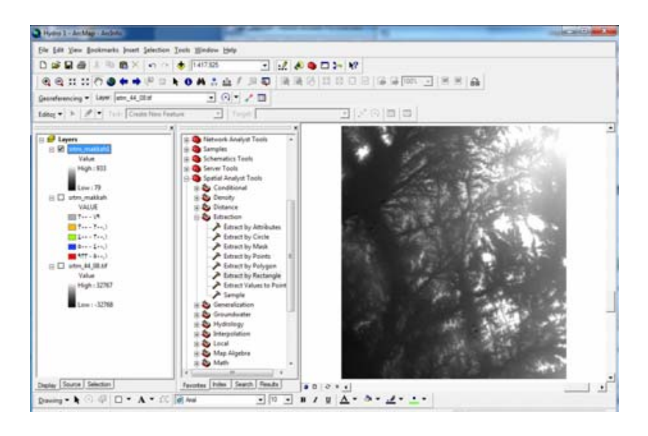
من قائمة الصيغ المتاحة (السهم الأسود بجوار Format) نختار صيغة grid، ونختار أسم للملف الجديد أمام name وليكن مثلا: srtm_makkah1:



ثم نضغط Save. بعد انتهاء التصدير (أو الحفظ) ستظهر نافذة تسأل إن كنا نريد إضافة الملف الجديد للمشروع الحالي فنختار Yes:

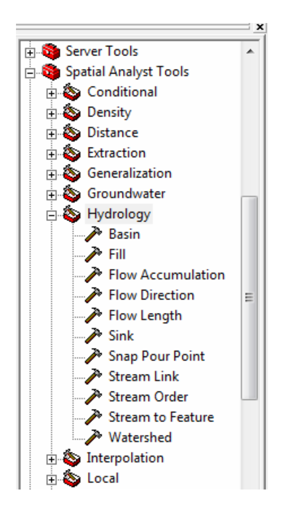


فيتم إضافة ملف DEM من نوع grid إلي المشروع:

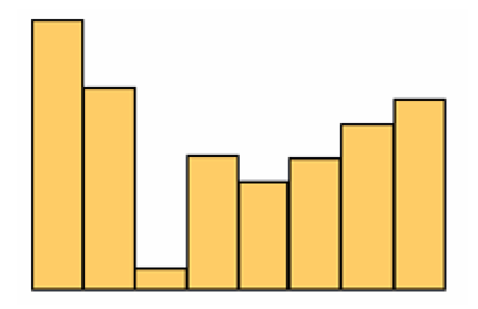


الخطوة٢: أمر Fill

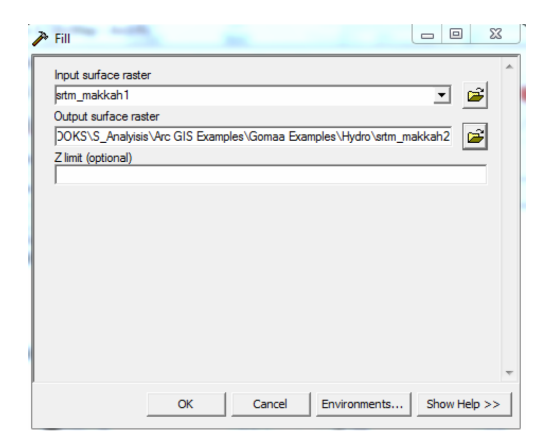
أول أوامر (أو أدوات التحليل الهيدرولوجي) هو أمر Fill الموجود في مجموعة أدوات Hydrology تحت مجموعة أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools:



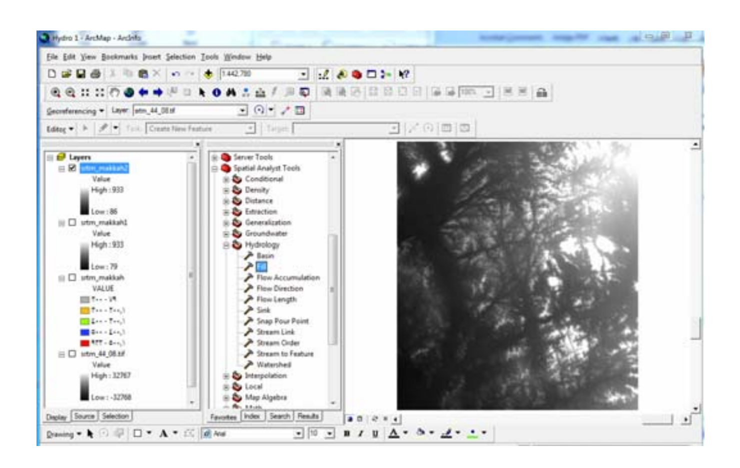
يقوم أمر Fill بملئ الانخفاضات الشاذة غير المتوقعة (sinks) في بيانات ملف الارتفاعات الرقمية، وهي الخلايا التي تحتوي علي قيمة ارتفاع منخفضة بصورة كبيرة عن قيم ارتفاعات الخلايا المجاورة لها. وغالبا فأن هذه المنخفضات المفاجئة تكون ناتجة من عيوب في نموذج الارتفاعات الرقمي، ومن ثم يجب إزالتها و إنشاء ملف DEM جديد خالي من المنخفضات.



في نافذة أداة Fill نحدد اسم نموذج DEM الأصلي input surface raster وهو النموذج ذو الصيغة grid الناتج من الخطوة السابقة (srtm_makkah1) ثم نحدد اسم النموذج الجديد الخالي من المنخفضات raster surface output ولنسميه مثلا srtm_makkah2، ثم نضغط OK:



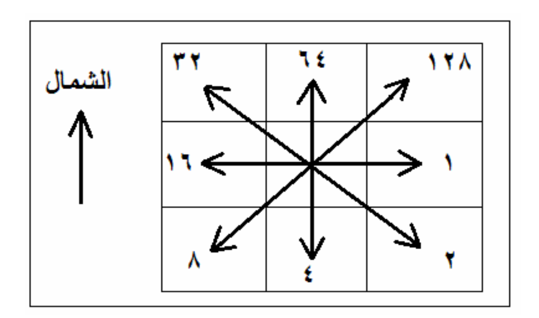
سيتم إضافة الملف الجديد لقائمة محتويات المشروع، ونلاحظ أنه بصورة عامة لا يختلف عن الملف السابق:



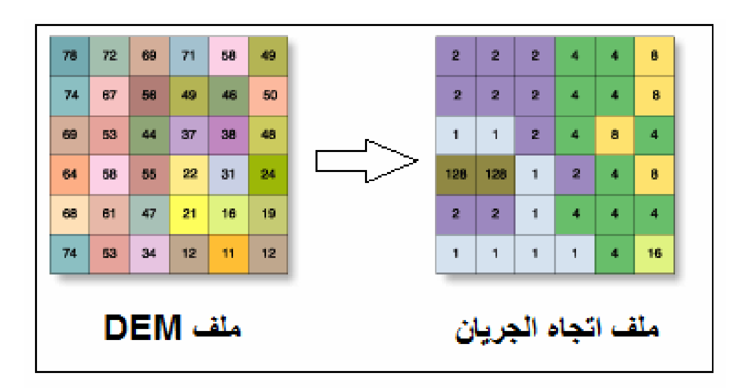
الخطوة ٣: اتجاه الجريان

تقوم أداة اتجاه الجريان Flow Direction بتحديد الاتجاه الذي ستجري من خلاله المياه من خلية إلي الخلايا المجاورة لها، وذلك من مقارنة ارتفاع (منسوب) الخلية مع مناسيب الخلايا المجاورة. وتعتمد أداة Flow Direction علي إعطاء قيمة لكل اتجاه ستجري به المياه، فعلي

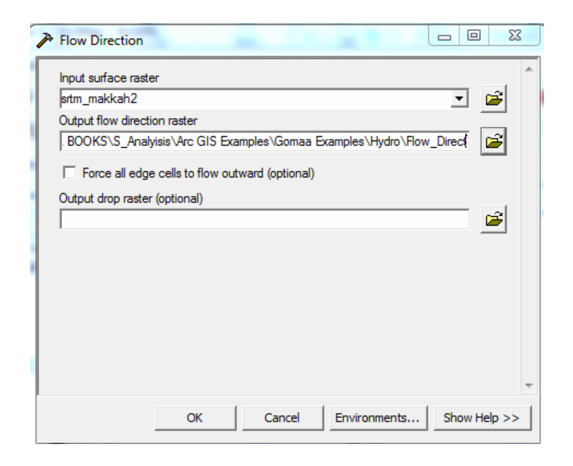
سبيل المثال إن كانت المياه من الخلية أ ستجري في اتجاه الشرق فستأخذ الاتجاه = ١، بينما اتجاه الجنوب الشرقي سيأخذ الاتجاه = ٢ .... وهكذا:



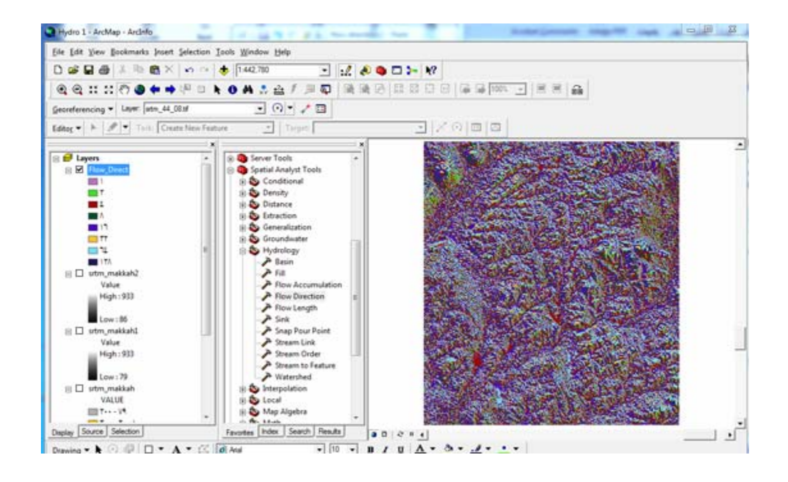
وبذلك سيتم تحويل ملف الارتفاعات الرقمية الخالي من المنخفضات إلي ملف شبكي raster تحتوي كل خليه به علي قيمة اتجاه الجريان:



لتنفيذ أداة Flow Direction نحدد اسم الطبقة المدخلة input surface raster والتي ستكون ملف DEM الخالي من المنخفضات srtm_makkah2 (الناتج من الخطوة السابقة) كما نحدد اسم لملف اتجاه الجريان output flow direction raster وليكن مثلا اسمه Flow_Direct، ثم نضغط OK:

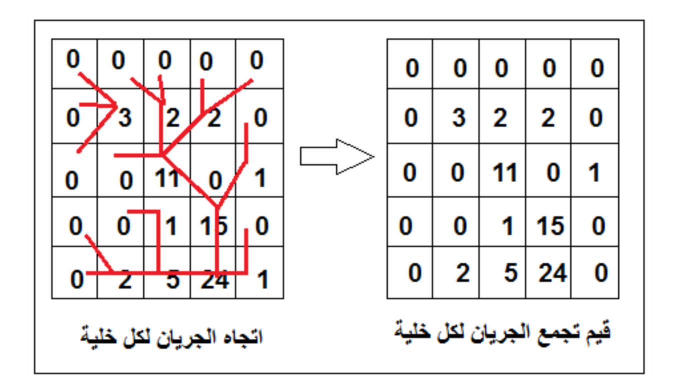


يتم إضافة ملف اتجاه الجريان للمشروع الحالي، ونلاحظ أن الترميز Symbology يحتوي فقط الأرقام ١، ٢، ٤، ٨، ١٦، ٣٢، ٦٤، ١٢٨ وهي أرقام اتجاه الجريان السابق شرحها:

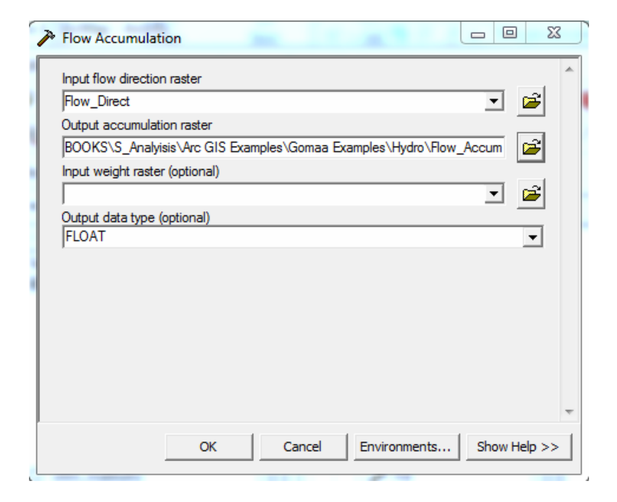


الخطوة ٤: تجميع الجريان

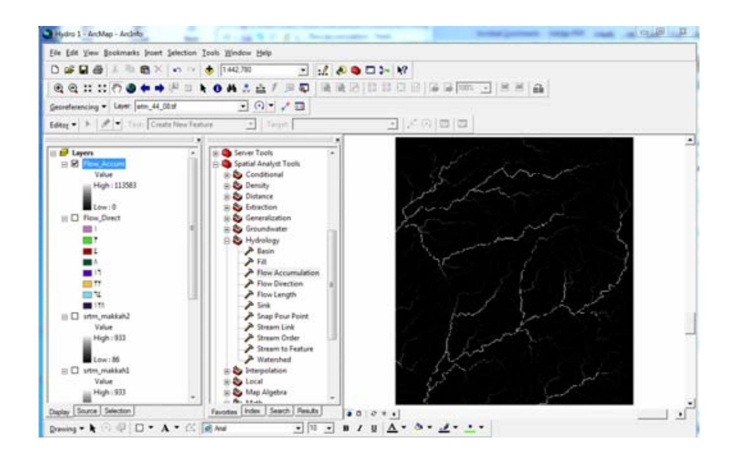
تقوم أداة تجميع الجريان Flow Accumulation عند كل خلية بحساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها. أي أن كل خليه في الملف الشبكي الجديد ستحتوي عدد الخلايا التي ستتدفق منها المياه إلي هذه الخلية. وبالتالي فيمكن تحديد شكل المجاري الرئيسي لمنطقة الدراسة:



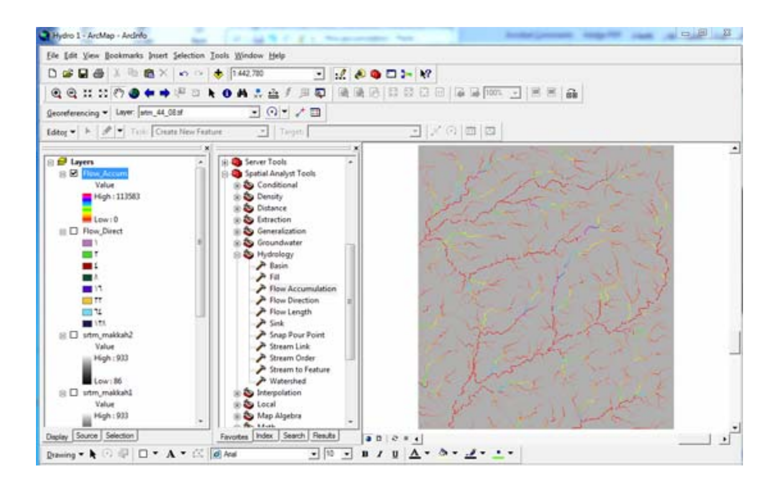
لتنفيذ أداة Flow Accumulation نحدد اسم الطبقة المدخلة input flow direction raster والتي ستكون ملف اتجاه الجريان Flow_Direct (الناتج من الخطوة السابقة) ، كما نحدد اسم لملف اتجاه الجريان المتجمع output accumulation raster وليكن مثلا اسمه Flow_Accum ، ثم نضغط OK:



يتم إضافة ملف اتجاه تجميع الجريان للمشروع الحالي، ومنه يمكن ملاحظة مجاري الأودية الرئيسية في منطقة الدراسة (باللون الأبيض):

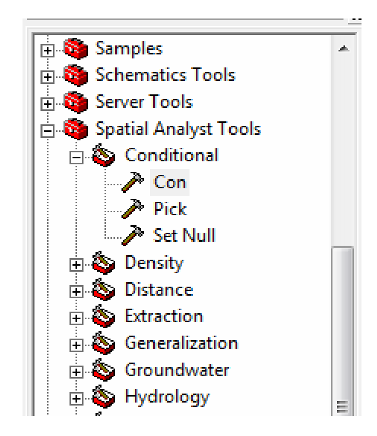


فإذا قمنا بتغيير طريقة ترميز Symbology هذا الملف يمكننا رؤية تفاصيل مجاري الأودية بشكل أفضل:

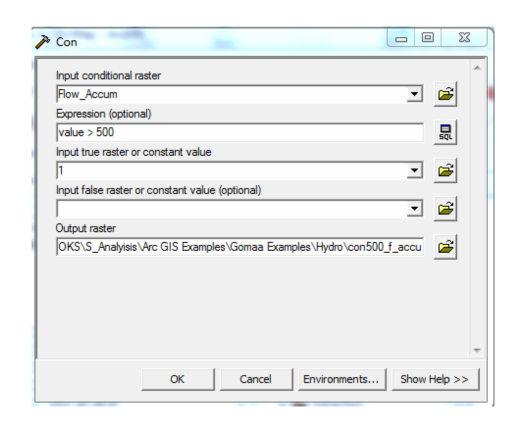


<u>الخطوة ٥: زيادة التحسن أو التحسس</u>

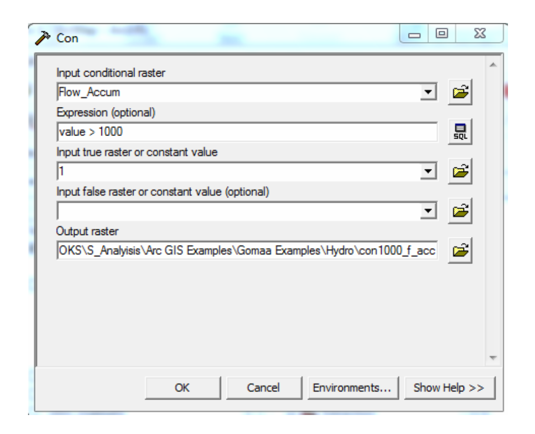
تهدف هذه الخطوة لزيادة التحسس resolution عند استخراج مسارات الأودية من ملف تجميع الجريان، وذلك باستخدام الأداة Con من مجموعة أدوات الشروط Conditional من أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tolls:



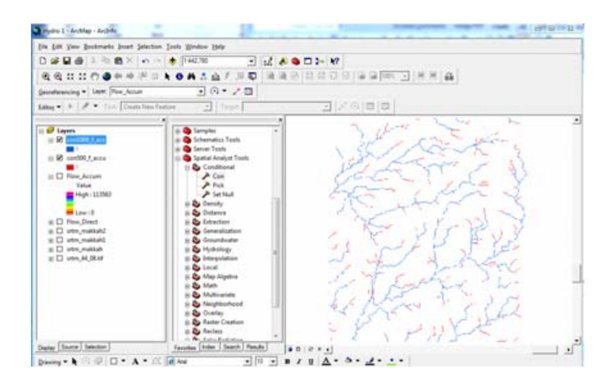
عند تطبيق الأداة سنختار شرط التحسس expression كالآتي: value > 500 ، مع تحديد الشبكة الأصلية raster conditional input لتكون هي شبكة تجمع الجريان flow_accum (من الخطوة السابقة) علي أن تكون قيمة input true raster or constant value تساوي ١ و نترك قيمة input false raster or constant value بدون قيمة محددة، ثم نحدد اسم للملف الجديد الناتج raster output ليكون مثلا: con500_f_accu:



في المرة الثانية سنقوم بتحديد شرط التحسس expression كالآتي: value > 1000 لنري الفرق في النتائج (مع ترك باقي القيم كما في الشاشة السابقة) علي أن نحدد اسم للملف الجديد الناتج output raster ليكون مثلا: con1000_f_acc:



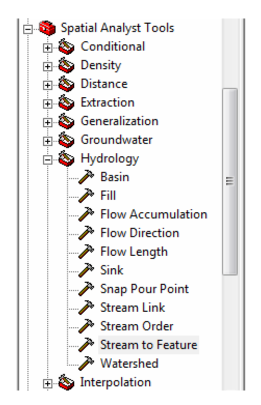
فإذا فتحنا كلا الملفين معا نجد أن الملف الناتج عن قيمة التحسس con = 500 به تفاصيل أكثر من الملف الناتج عن قيمة التحسس con = 1000 :



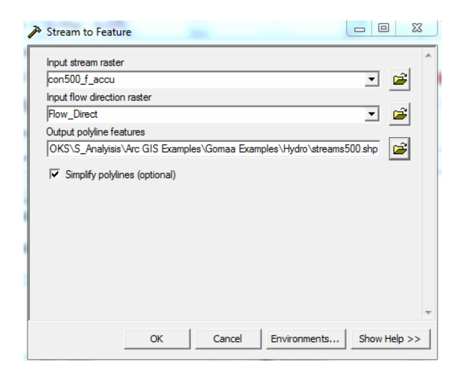
أي أنه كلما قلت قيمة التحسس con كلما زادت تفاصيل استنتاج الأودية في منطقة الدراسة. وسنكمل الخطوات التالية باستخدام الملف الشبكي الناتج عن قيمة التحسس ٥٠٠.

الخطوة ٦: تحويل ملف الأودية من شبكي إلي خطي

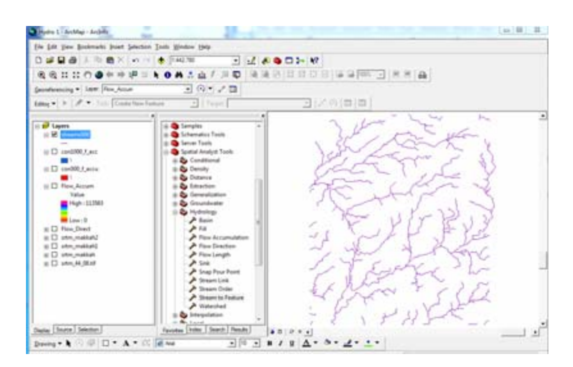
الآن سنقوم بتحويل ملف الأودية من الصورة الشبكية raster إلي الصورة الخطية vector ليصبح طبقة خطوط، و سنستخدم الأداة stream to Feature من أدوات الهيدرولوجي:



نحدد طبقة المجاري الأصلية raster stream input لتكون هي طبقة con1000_f_acc (الناتجة من الخطوة السابقة عند قيمة تحسس تساوي ٥٠٠) ونحدد اسم طبقة اتجاه الجريان raster flow direction input لتكون هي طبقة Flow_Direct (الناتجة من الخطوة ٣) ثم نحدد اسم طبقة الخطوط (الأودية) الجديدة الناتجة output Polyline features ولتكن مثلا: streams500.shp:

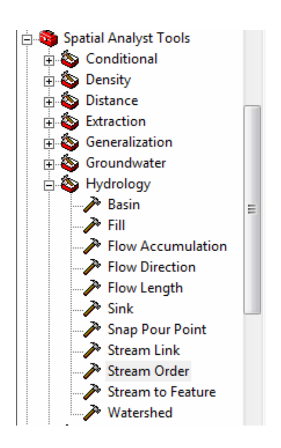


فنحصل علي طبقة خطوط polylines تحدد مجاري أودية منطقة الدراسة:

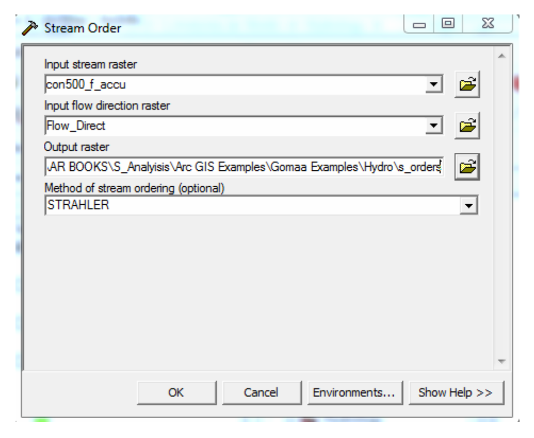


الخطوة ٧: استنباط رتب المجاري المائية

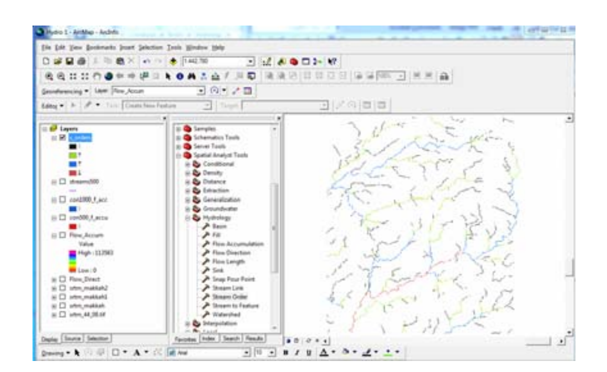
باستخدام أداة رتب المجاري Stream Orders يمكننا تحديد رتب المجاري المائية في منطقة الدراسة:



نحدد طبقة المجاري الأصلية raster stream input لتكون هي طبقة con1000_f_acc (الناتجة من الخطوة السابقة عند قيمة تحسس تساوي ٥٠٠) ونحدد اسم طبقة اتجاه الجريان raster direction flow input لتكون هي طبقة Flow_Direct (الناتجة من الخطوة ٣) ثم نحدد اسم طبقة الرتب الجديدة الناتجة output raster ولتكن مثلا: s_orders، ونبقي طريقة استخراج الرتب - كما هي - عند الطريقة الشهيرة Strahler:



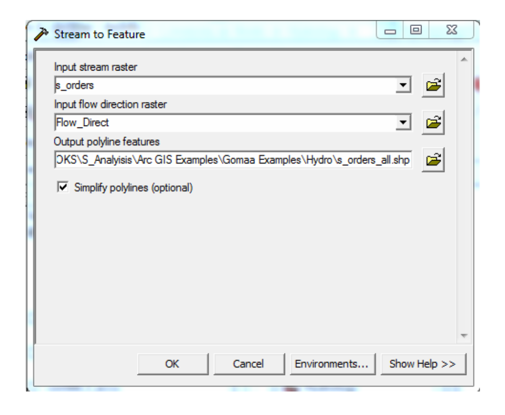
تحدد خصائص الصورة الشبكية raster الناتجة أن رتب المجاري المائية في منطقة الدراسة تصل إلي الرتبة ٤:



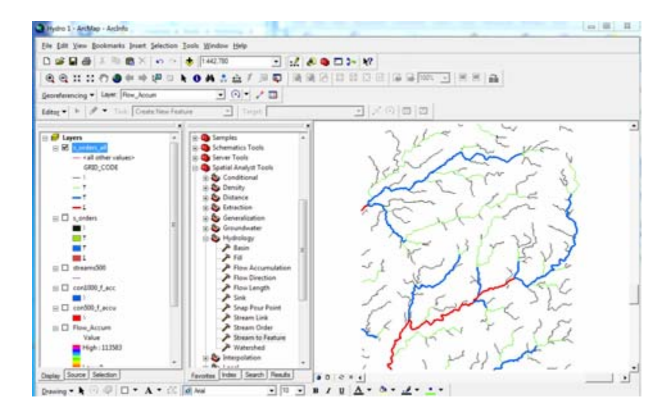
الخطوة ٨: تحويل شبكة الرتب إلي طبقة خطية

مثلما فعلنا في الخطوة ٦ سنقوم الآن سنقوم بتحويل ملف رتب المجاري من الصورة الشبكية raster إلي الصورة الخطية vector ليصبح طبقة خطوط ، أي سنستخدم مرة أخري الأداة stream to Feature من أدوات الهيدرولوجي:

نحدد طبقة رتب المجاري الأصلية input stream raster لتكون هي طبقة s_orders (الناتجة من الخطوة السابقة) ونحدد اسم طبقة اتجاه الجريان input flow direction raster لتكون هي طبقة Flow_Direct (الناتجة من الخطوة ٣) ثم نحدد اسم طبقة الخطوط (رتب المجاري) الجديدة الناتجة output Polyline features ولتكن مثلا: s_orders_all.shp:

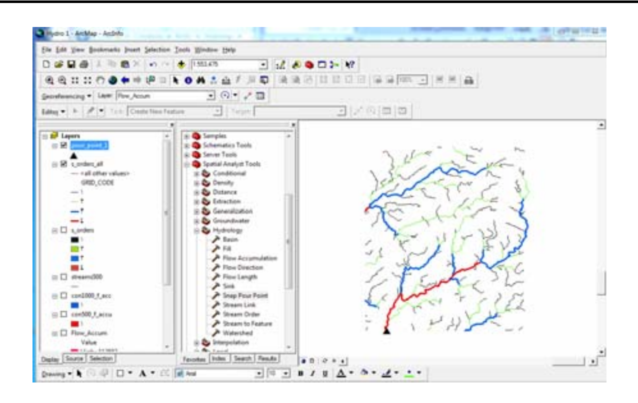


لتوضيح الطبقة الناتجة أكثر يمكن عمل ترميز Symbology جديد لها باستخدام العمود grid_code (من جول البيانات غير المكانية للطبقة):



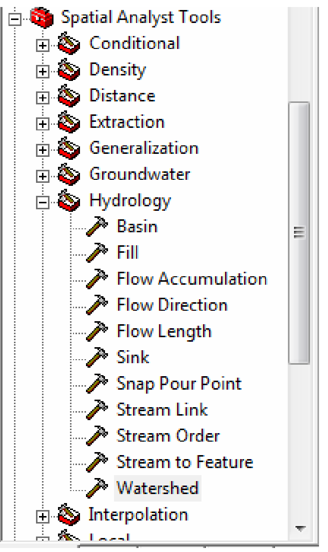
الخطوة ٩: تحديد موقع النقطة المطلوب دراستها

في هذه الخطوة نريد دراسة موقع (أو نقطة) محدد لبيان الحوض المائي الذي يؤثر علي الجريان عند هذا الموقع بالتحديد. سنقوم بإنشاء طبقة نقاط point shapefile جديدة باستخدام برنامج Arc Catalogue وليكن أسمها مثلا: pour_point_1.shp ، ثم سنقوم بالتعديل في هذه الطبقة لإضافة نقطة محددة وسنأخذ في المثال الحالي النقطة في نهاية الرتبة ٤ (الخط الأحمر) في أسفل منطقة الدراسة:

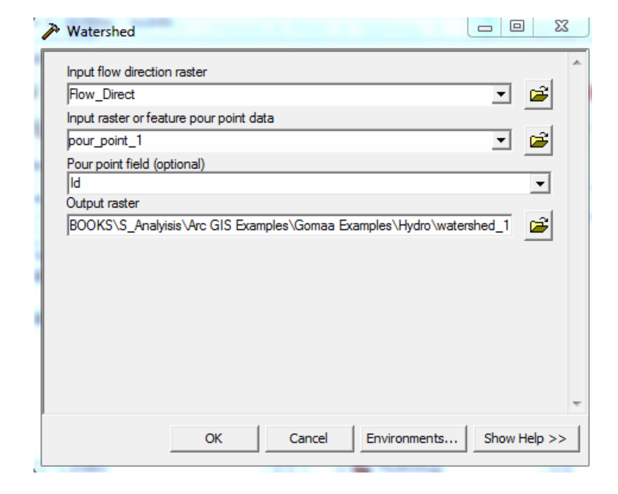


الخطوة ١٠: تحديد الحوض المؤثر علي موقع محدد

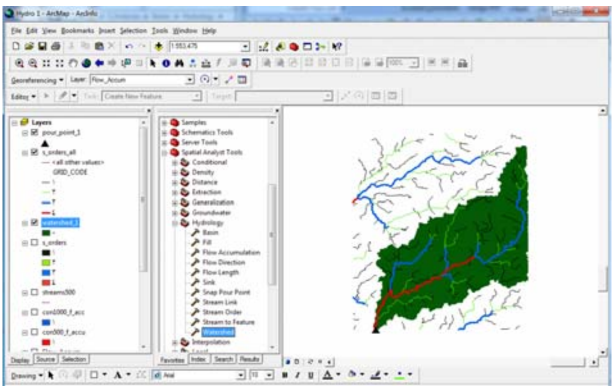
الآن سنقوم باستخدام أداة الأحواض watershed لاستنباط الحوض المائي الذي يؤثر علي الموقع المطلوب دراسته:



نحدد اسم طبقة اتجاه الجريان Input flow direction raster لتكون هي Flow_Direct (من الخطوة ٣) ثم نحدد اسم طبقة النقطة المطلوب دراستها input raster or feature pour point data لتكون هي طبقة النقاط من الخطوة السابقة: pour_point_1.shp ثم نحدد اسم لملف شبكة الحوض الجديد output raster وليكن مثلا: watershed_1:

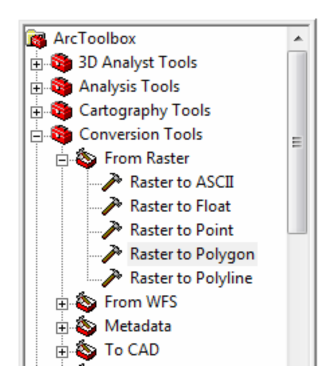


سينتج لنا ملف شبكي raster يحدد حدود الحوض المائي المؤثر علي الموقع المحدد المطلوب دراسته:

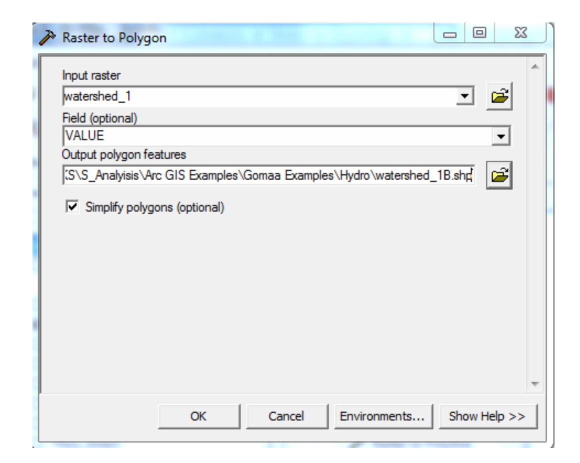


الخطوة ١١: دراسة حوض تفصيليا

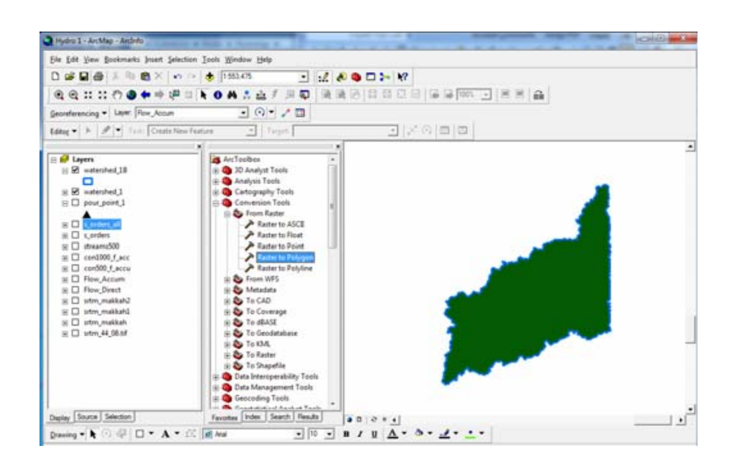
لدراسة هذا الحوض بصورة تفصيلية نقوم بتحويل الملف من النوع الشبكي raster إلي النوع الخطي vector كطبقة مضلعات shapefile polygon من خلال استخدام أداة التحويل Raster to Polygon من مجموعة أدوات التحويل من الملفات الشبكية From Raster من مجموعة أدوات التحويل Conversion Tools:



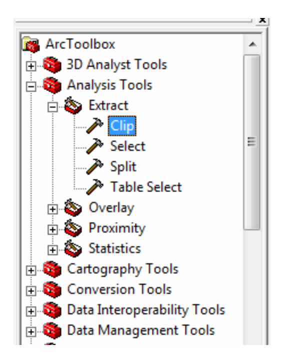
نحدد اسم الشبكة الأصلية input raster لتكون هي watershed_1 (من الخطوة السابقة) ونحدد اسم الطبقة الجديدة feature polygon output لتكون مثلا: watershed_1b.shp:



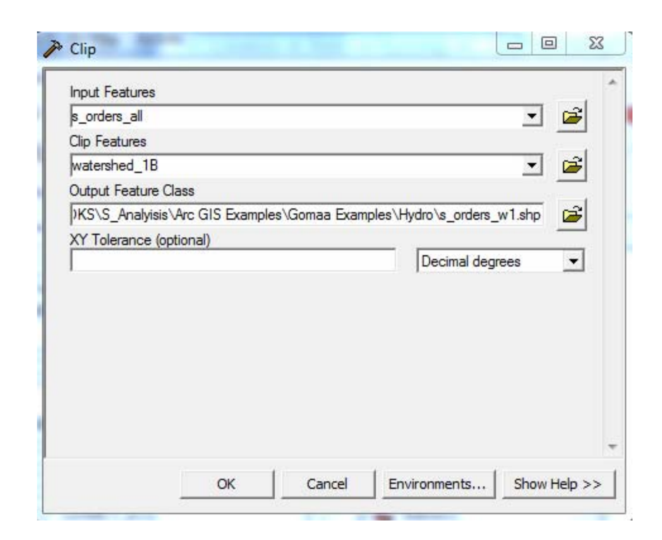
فنحصل علي مضلع يحدد الحوض المائي المطلوب:



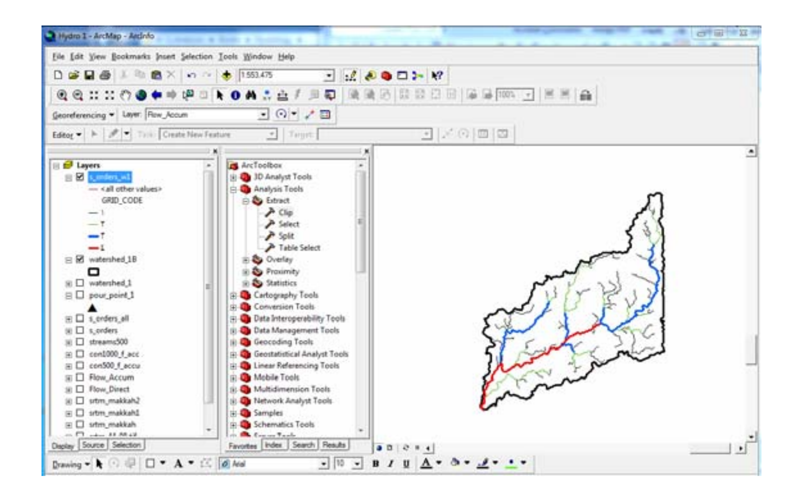
الآن سنقوم باقتطاع رتب المجاري الواقعة داخل هذا الحوض فقط، عن طريق استخدام أداة الاقتطاع Clip من مجموعة أدوات الاقتطاع Extraction من أدوات التحليل Analysis Tolls:



نحدد اسم الطبقة الأصلية التي سيتم الاقتطاع منها input features لتكون هي طبقة مجاري الأودية لكل منطقة الدراسة s_orders_all.shp (الناتجة من الخطوة ٨) ثم نحدد اسم طبقة الاقتطاع (أي التي سيتم الاقتطاع داخلها) Clip feature لتكون هي طبقة الوادي المطلوب watershed_1b (الناتجة من الخطوة السابقة) ثم نحدد اسم للطبقة الجديدة output feature class (طبقة الرتب لهذا الوادي) لتكون مثلا: s_orders_w1.shp :



يصبح لدينا – الآن – طبقة جديدة لرتب المجاري المائية داخل هذا الحوض المحدد فقط لاستخدامها لاحقا في التحليل المورفومتري للحوض:

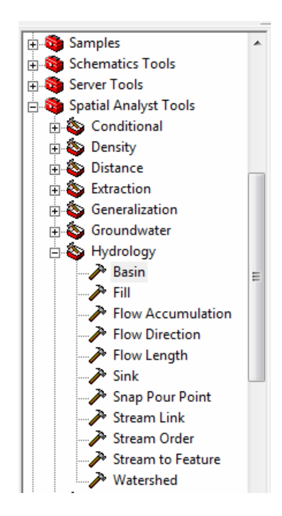


فعلي سبيل المثال إذا أردنا أن نعرف عدد و أطوال المجاري المائية من كل رتبة علي حدي داخل هذا الحوض فنقوم بإضافة عمود (ليكن مثلا Length) داخل قاعدة البيانات غير المكانية Attribute Table لطبقة رتب المجاري ثم نستخدم أمر Calculate Geometry لحساب طول كل خط من خطوط شبكة المجاري ومن ثم يمكننا لاحقا معرفة إجمالي أطوال مجاري الرتبة الأولي و إجمالي أطوال الرتبة الثانية .... وهكذا.

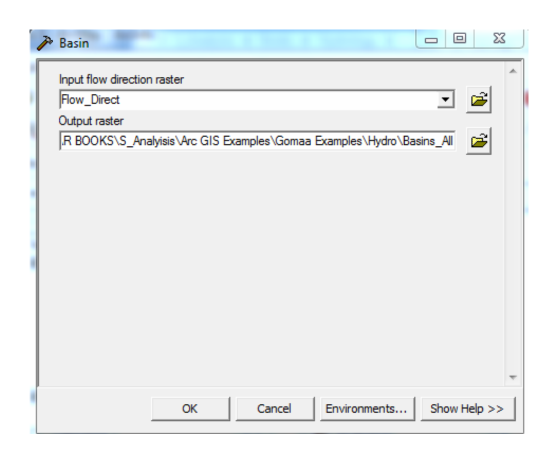
لكن يجب ملاحظة نوع مسقط ونظام إحداثيات طبقة رتب المجاري المائية (بل كل الطبقات في هذا المشروع) حيث أنها من نوع الإحداثيات الجغرافية علي مرجع WGS84، وبالتالي فأن أية حسابات لأطوال الرتب ستكون بالدرجات ! يجب أولا تحويل مرجع الطبقة إلي أي مرجع متري – مثلا WGS84 UTM – لكي تتم حسابات الأطوال بالمتر.

الخطوة ١٢: تحديد أحواض منطقة الدراسة

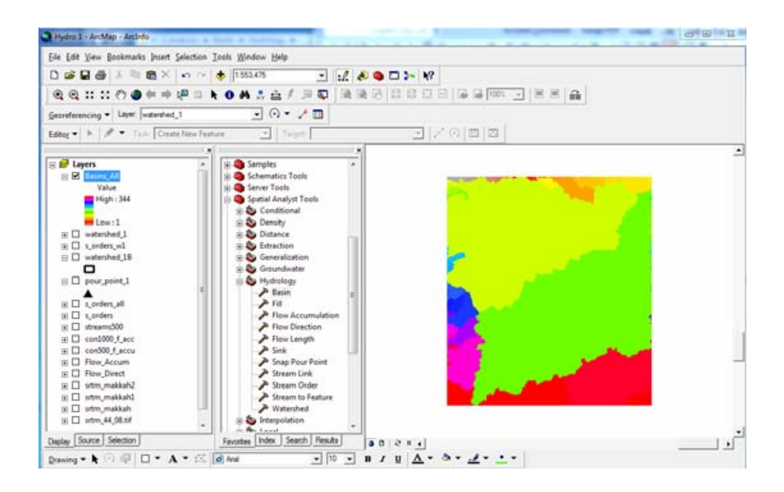
في الجزء السابق درسنا تفصيليا حوض معين يؤثر علي موقع (نقطة) محددة، لكن باستخدام الأداة Basins يمكننا تحديد جميع الأحواض في منطقة الدراسة:



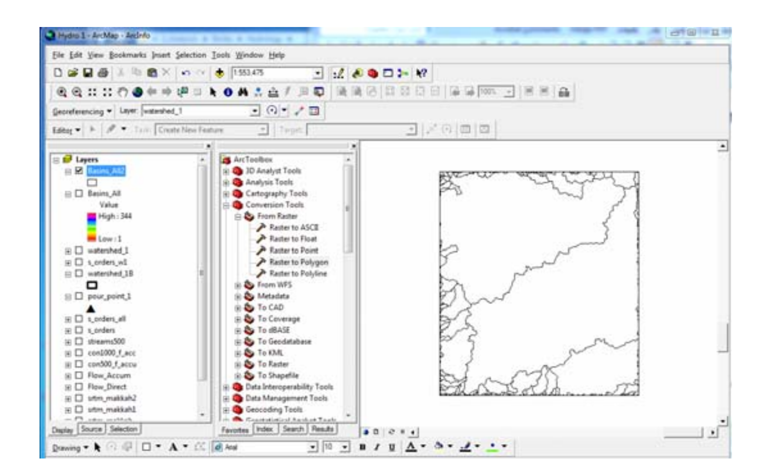
نحدد فقط اسم طبقة اتجاه الجريان Input flow direction raster وهي Flow_Direct في مثالنا الحالي، ثم نحدد اسم لطبقة الأحواض الجديدة Output raster وليكن مثلا: Basins_All:



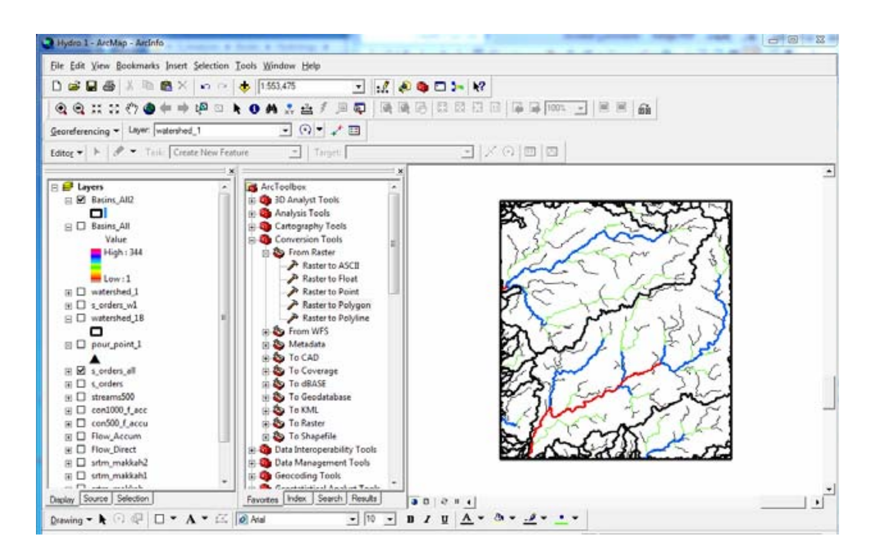
فينتج لنا ملف شبكي raster لجميع الأحواض:



ويمكننا تحويله إلي طبقة مضلعات باستخدام الأداة Raster To Polygon كما فعلنا سابقا:



كما نلاحظ أن الطبقة الجديدة تحتوي الأودية الرئيسية بالإضافة للأحواض (أجزاء من أودية الفرعية في جوانب منطقة الدراسة. مثل الخطوة السابقة يمكن دراسة كل وادي من هذه الأودية دراسة مورفومترية تفصيلية من حيث عدد و أطوال كل رتبة من رتب المجاري المائية في الوادي.



الفصل الثاني عشر

الملائمة المكانية

١٢-١ مقدمة

يهدف تحليل الملائمة المكانية Spatial Suitability لاختيار موقع مكاني مناسب لأداء وظيفة معينة، وهي من أهم وظائف تقنية نظم المعلومات الجغرافية. فمثلا نريد اختيار موقع جغرافي مناسب لإنشاء مستشفي أو مدرسة أو مدفن للنفايات ... الخ، فتساعدنا تقنية GIS علي اختيار أفضل مكان لهذه المنشأة الجديدة لكن بتطبيق الشروط المحددة لكيفية الاختيار. فإذا أردنا إنشاء مدرسة جديدة يجب أن يتمتع الموقع المقترح ببعض المواصفات (أو الشروط) فمثلا ألا تقل مساحته عن قيمة محددة وأن يبعد عن موقع أقرب مدرسة موجودة بمسافة معينة وألا يبعد عن الطريق العام بأكثر من مسافة معينة .... الخ. إذن هناك شروط لاختيار الموقع المناسب المطلوب (تحددها الجهات الرسمية المعنية وليس لنظم المعلومات الجغرافية أي دخل فيها) ومع توافر بعض الطبقات المكانية التي تصف معالم منطقة الدراسة (التضاريس و شبكة الطرق و شبكة الأودية ..... الخ) يقوم تحليل الملائمة المكانية بمطابقة الشروط و اختيار أفضل موقع مكاني يناسبها لإقامة المنشأة الجديدة.

١٢-٢ بيانات التمرين الحالي

التمرين الذي سنتناوله في هذا الفصل هو من أحد الكتيبات التدريبية Tutorials لبرنامج Arc GIS ويأتي الكتيب الأصلي لشرح خطوات التمرين Spatial Analyst Tutorial.pdf وكذلك ملفات بيانات التمرين في جزء Tutorials من أجزاء اسطوانة Arc GIS. وهنا سنقوم بترجمة الكتيب إلي اللغة العربية لفهم و تطبيق تحليل الملائمة المكانية خطوة بخطوة.

لمن لا يمتلك نسخة من الملفات التدريبية (الطبقات) للتمرين فيمكنه تحميلها من مجلد بيانات التمارين العملية للكتاب في الرابط:

https://skydrive.live.com/?cid=0259CB4F889EAEB3&id=259CB4F889EAEB3%212784

وداخل هذا الرابط فأن اسم الملف المضغوط المطلوب لبيانات هذا الفصل هو: spatial_data_exercise.zip

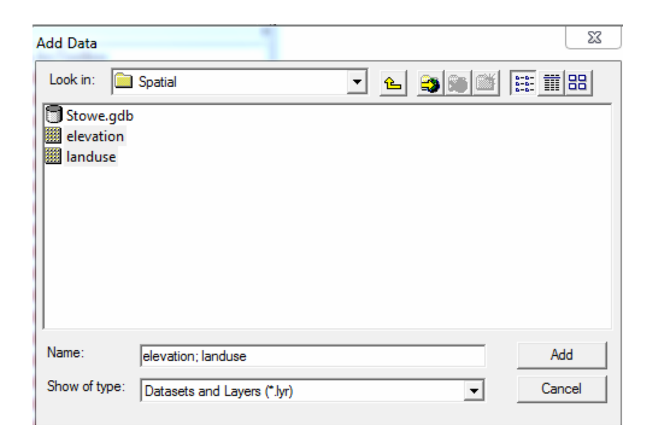
أما المشكلة المطلوب حلها في هذا التمرين – كمثال لتطبيقات الملائمة المكانية – فتتلخص في أن مدينة تسمي مدينة ستو Stowe بولاية فيرمونت Vermont الأمريكية قد وجدت زيادة كبيرة في عدد سكانها ، وأشارت البيانات المتاحة أن سبب هذه الزيادة هو حركة العائلات وأطفالهم إلي هذه المدينة للحصول علي مميزاتها الترفيهية. لذلك فقد تقرر إنشاء مدرسة جديدة لتخفيف الضغط عن كاهل المدارس الموجودة حاليا ، والمطلوب تحديد مكان مناسب لهذه المدرسة الجديدة.

تشمل بيانات التمرين - التي سنتعامل معها - الأقسام أو الطبقات التالية:

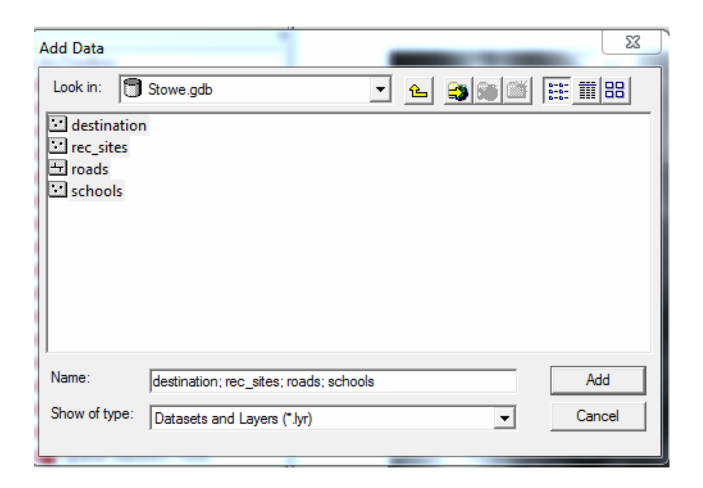
الاسم	الوصف
Elevation	طبقة من النوع الشبكي Raster تمثل ارتفاعات الأرض في منطقة الدراسة
Landuse	طبقة من النوع الشبكي Raster تمثل استخدامات الأراضي
Roads	طبقة تمثل شبكة الطرق في مدينة ستو
Rec_sites	طبقة تمثل المواقع الترفيهية
Schools	طبقة تمثل مواقع المدارس الموجودة حاليا
Destination	طبقة تمثل نقطة الوصول المستخدمة عند إيجاد أفضل مسار لطريق جديد

١٢-٣ تحلیل الملائمة المكانیة لاختیار موقع مدرسة جدیدة

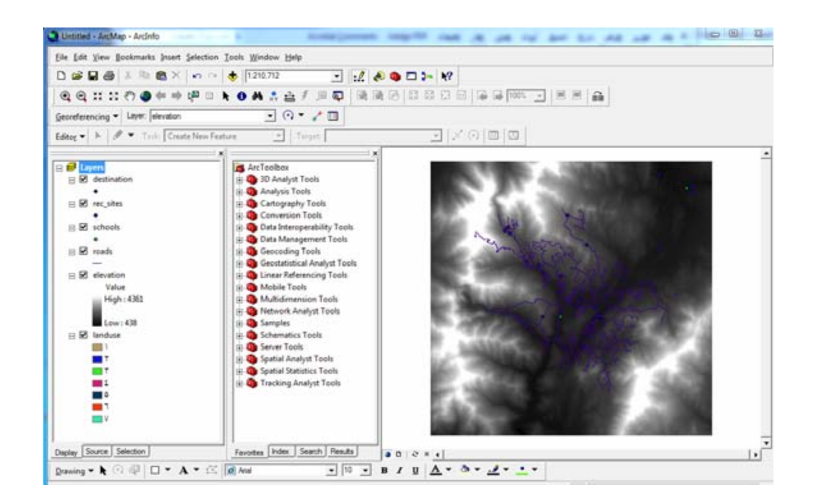
قم بفتح مشروع Arc Map جديد ثم قم بإضافة (من المجلد الذي يحتوي بيانات التمرين) كلا من ملفي الارتفاعات elevation و استخدامات الأراضي Landuse:



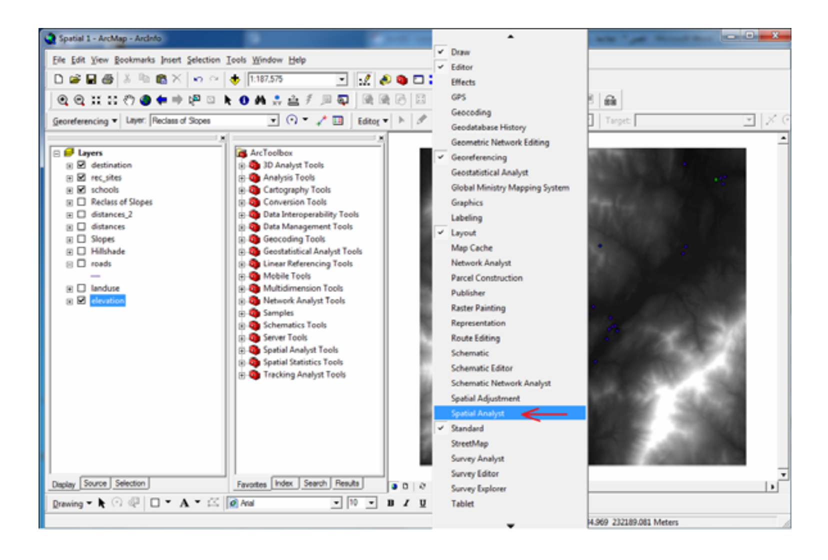
مرة أخري قم بإضافة الطبقات الأربعة الموجودة داخل قاعدة البيانات Geo Database المسماه stowe.gdb (بالضغط عليها دوبل كليك) :



فيصبح المشروع يضم كل الملفات المطلوبة للتدريب الحالي:

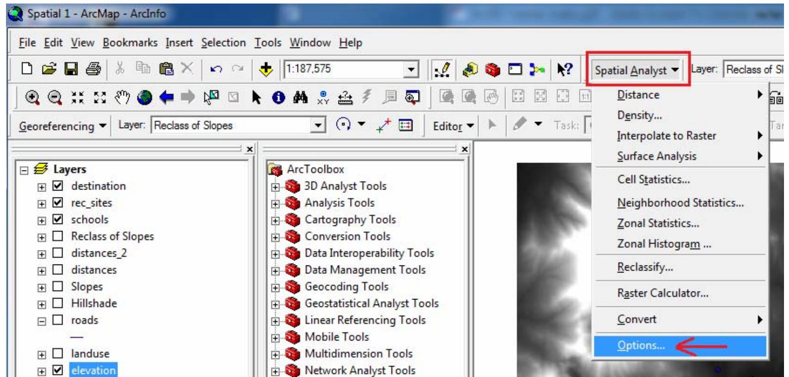


إن لم يكن شريط أدوات التحليل المكاني ظاهرا في شاشة البرنامج فيمكن تفعيله من خلال الضغط بالماوس الأيمن في أي جزء من شرائط الأدوات (الجزء الرصاصي في أعلي شاشة البرنامج) ومن قائمة شرائط الأدوات نختار شريط التحليل المكاني Spatial Analyst ونضغط عليه بالماوس لتفعيله:

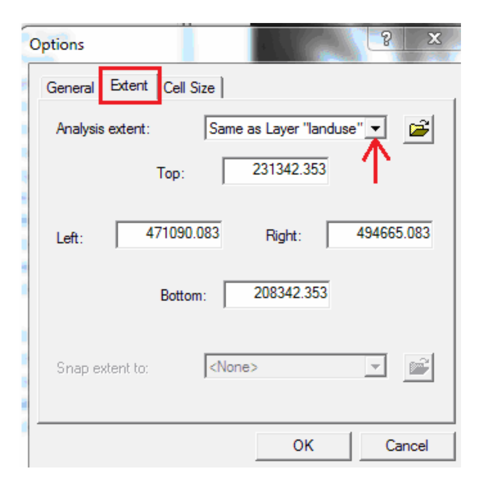


بسبب أن الامتداد (الرقعة) الجغرافي يختلف من طبقة لأخرى من الطبقات المستخدمة في هذا المشروع فسنقوم باختيار احدي الطبقات (طبقة استخدامات الأراضي Landuse) لنجعل امتدادها هو الامتداد المفترض للطبقات التي سيتم استنباطها في الخطوات اللاحقة:

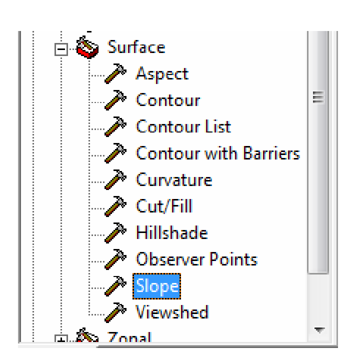
من شريط أدوات التحليل المكاني نضغط خيارات Options :



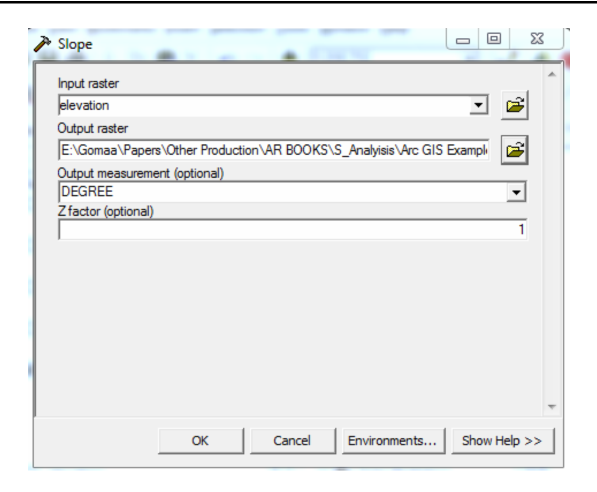
من قائمة الامتداد Extent نفتح السهم الأسود الصغير و منه نختار Same as Layer "Landuse" ثم نضغط OK :



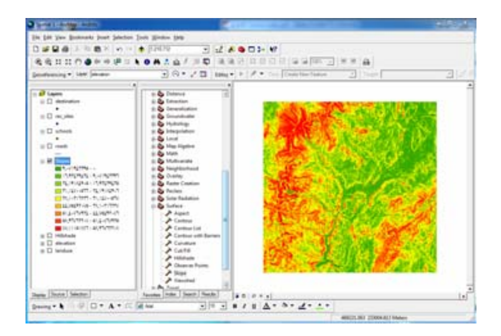
لإنشاء ملف شبكي raster يمثل خريطة الميول في منطقة الدراسة (اعتمادا علي طبقة الارتفاعات الأصلية) نستخدم أداة الميول Slope من قائمة أدوات تحليل السطوح Surface في قائمة أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst Tools:



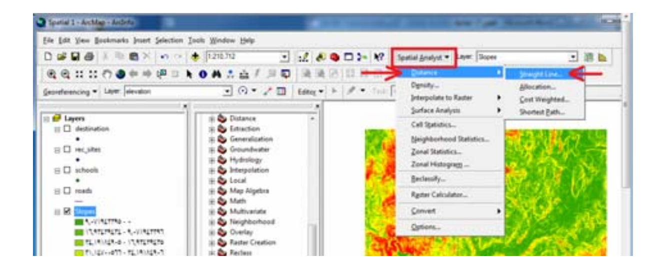
نحدد اسم الملف المدخل input raster لطبقة الارتفاعات المعلومة elevation ونحدد اسم طبقة الميول الجديدة output raster وليكن مثلا: Slopes ونترك وحدات الميول الناتجة Output measurement لتكون بالدرجات Degree (هناك خيار آخر لتكون الميول الناتجة بالنسبة المؤوية Percent_Rise و ليست بالدرجات) ثم نضغط OK.



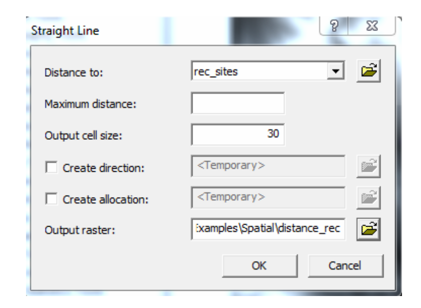
سيتم إضافة طبقة الظلال للمشروع الحالي، ومنها نستنتج أن الميول في منطقة الدراسة تصل في حدها الأقصى إلي ٧٧.١١١٥ درجة:



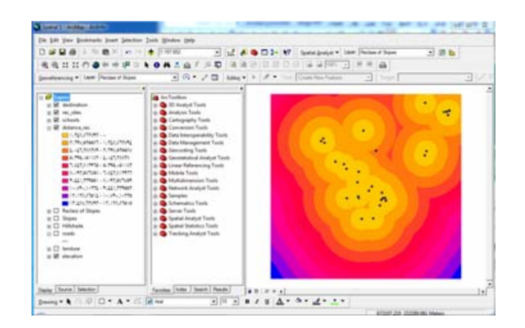
سنستخدم أداة المسافة Distance (من شريط أدوات التحليل المكاني) لإظهار حدود امتداد المسافات حول كل موقع من مواقع المناطق الترفيهية (طبقة Rec_Sites).



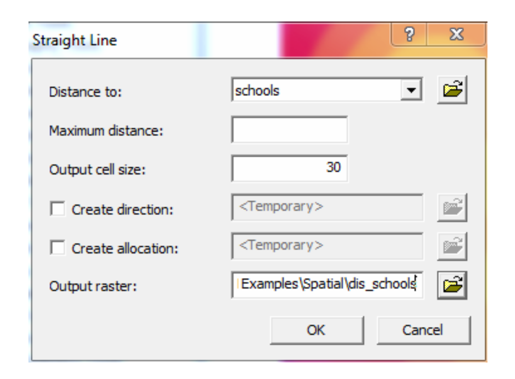
نحدد اسم الطبقة المدخلة Distance to التي سيتم قياس المسافات منها لتكون هي طبقة rec_sites ونغير حجم الخلية للطبقة الجديدة output cell size إلي ٣٠ ونحدد اسم الطبقة الجديدة output raster لتكون مثلا: distances_rec ثم نضغط OK:



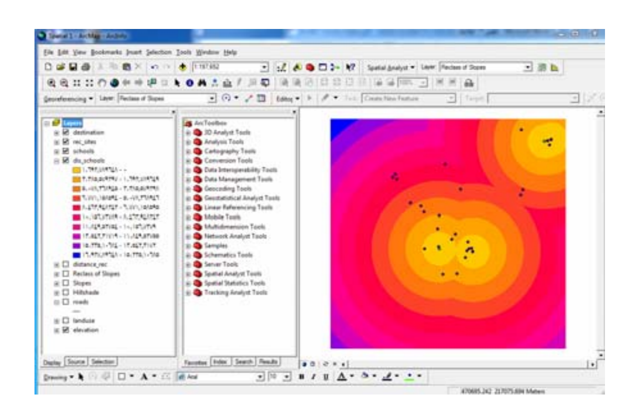
تمثل الطبقة الشبكية raster الجديدة تدرج المسافات حول كل نقطة موجودة في طبقة rec_sites، ويمكن ملاحظة أن المسافات تصل إلي ١٣٤٨٧ متر:



سنعيد استخدام نفس الأداة مرة أخري لكن مع طبقة المدارس schools : نحدد اسم الطبقة المدخلة Distance to التي سيتم قياس المسافات منها لتكون هي طبقة schools ونحدد اسم الطبقة الجديدة raster output لتكون مثلا: dist_schools: ونغير حجم الخلية للطبقة الجديدة output cell size إلي ٣٠ ثم نضغط OK:



تمثل الطبقة الشبكية raster الجديدة تدرج المسافات حول كل نقطة موجودة في طبقة schools ، ويمكن ملاحظة أن المسافات تصل إلي ١٦٩٢٧ متر:



الآن أصبح لدينا الطبقات الجديدة الثلاثة التي تمثل مواصفات (شروط) اختيار موقع مناسب لإنشاء المدرسة الجديدة وهم طبقة الميول و طبقة البعد عن المواقع الترفيهية و طبقة البعد عن المدارس القائمة. لكن قبل بدء العمل سنقوم بتوحيد تصنيف الرتب في الطبقات الثلاثة (بالإضافة لطبقة استخدامات الأراضي) من خلال إعادة التصنيف re-classify بحيث تكون الرتب في

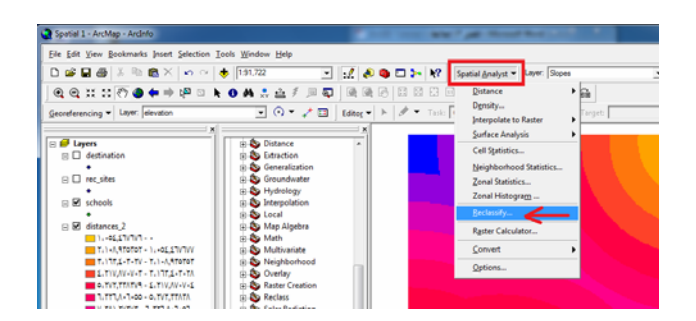
كل الطبقات علي مقياس يتراوح بين ١ و ١٠ مع اعتبار أعلي رقم (١٠) هو الأفضل أو الأكثر ملائمة.

سنقوم بعمل خطوة إعادة التصنيف ٤ مرات علي الطبقات الأربعة كالتالي:

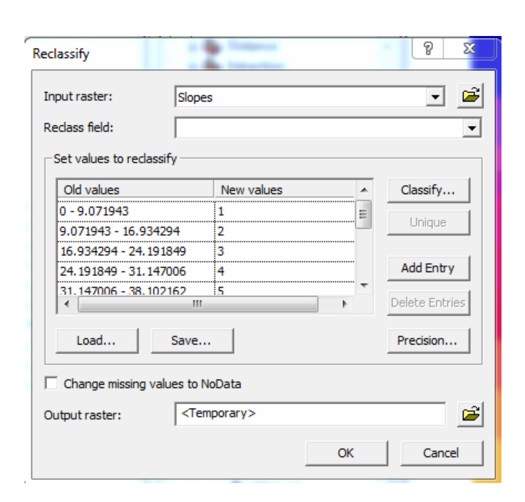
<u>إعادة تصنيف طبقة الميول slope:</u>

المفترض أن يقع موقع المدرسة الجديدة (الذي نريد تحديده) في منطقة مسطحة نسبيا وليست شديدة الميول، ولذلك سنقوم بعادة تصنيف الميول من خلال إعطاء القيمة ١٠ (الأفضل) للمناطق التي لها أقل زاوية ميل و القيمة ١ (الأسوأ) للمناطق شديدة الانحدار:

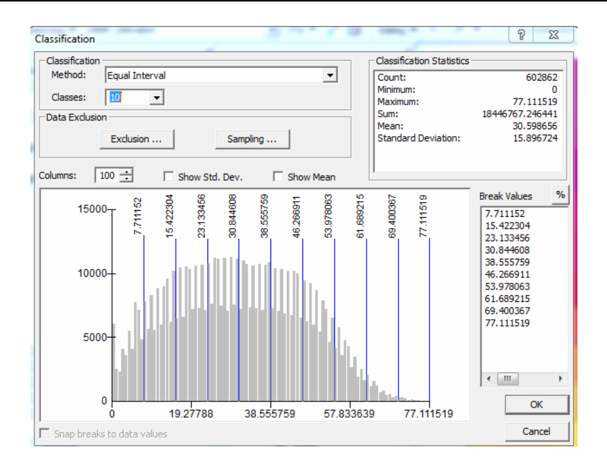
من شريط أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst نختار أمر إعادة التصنيف reclassify:



نختار الطبقة المدخلة input raster لتكون هي طبقة الميول slopes ثم نضغط أيقونة التصنيف Classify لمزيد من الخيارات:

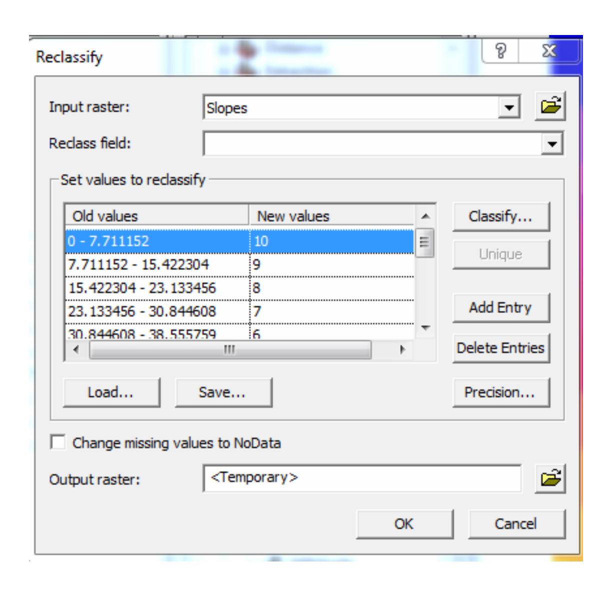


نختار نوع الترميز Method ليكون بطريقة الفترات المتساوية Equal Intervals وكذلك نختار عدد الفئات Classes ليكون ١٠ ثم نضغط OK :

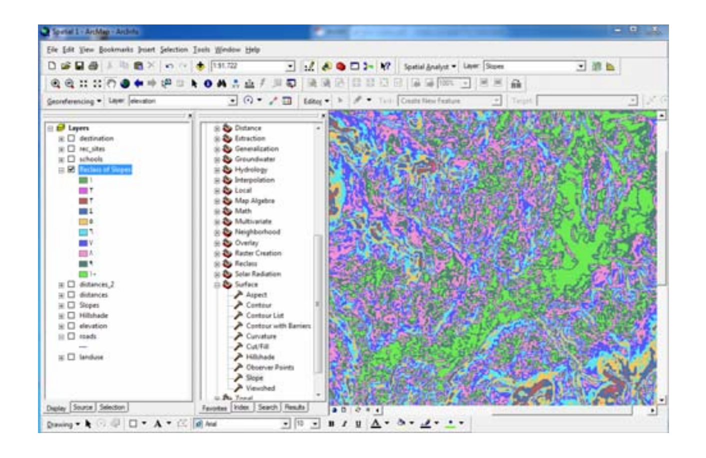


سنعود للنافذة السابقة ونري أن الفئات أصبح عددها ١٠ لكنها مرتبة (في عمود old Values) ترتيبا تصاعديا ، فنقوم بإعطاء قيم جديدة لترتيب أو رتب الفئات (وليس لقيمة الميول ذاتها) ترتيبا تنازليا.

أمام الفئة الأولي (قيمة الميل من ٠ إلي ٧.٧١١١٥٢ درجة) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ١٠، أي أننا أعطينا أقل الميول في منطقة الدراسة الرتبة أو الأهمية أو درجة الملائمة تبلغ ١٠ من ١٠، أو بمعني آخر فأن هذه الفئة من الميول هي الأنسب لإقامة المدرسة الجديدة. أيضا أمام الفئة الثانية (قيمة الميل من ٧.٧١١١٥٢ الي ١٥.٤٢٢٣٠٤ درجة) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ٩، أي أننا أعطينا ثاني فئة من حيث شدة الميول في منطقة الدراسة الرتبة أو الأهمية أو درجة الملائمة تبلغ ٩ من ١٠. وهكذا لباقي الفئات وحتى الفئة الأخيرة (الميول التي تتراوح من ٦٩.٤٠٠٣٦٧ إلي ٧٧.١١١٥١٩ درجة) والتي ستأخذ رتبة تساوي ١، أي أنها أقل الفئات مناسبة لموقع المدرسة الجديدة:



بالضغط علي OK تظهر الطبقة الجديدة Reclass of Slopes (الميول بعد إعادة تصنيفها طبقا لدرجة الملائمة لإنشاء المدرسة الجديدة)، ونري فيها أن اللون الأخضر – المقابل للرتبة ١٠ – هو أنسب المواقع للمدرسة الجديدة بناءا علي معيار الميول:

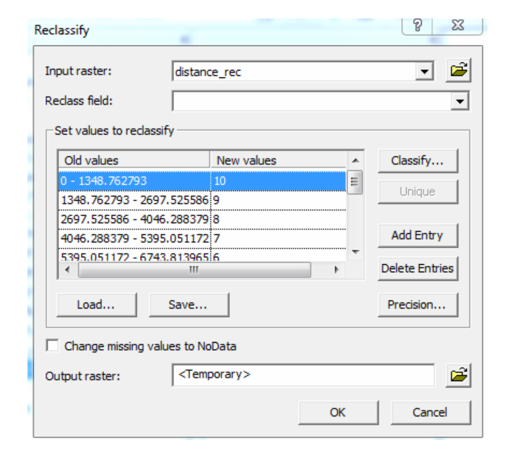


إعادة تصنيف طبقة المسافات من المناطق الترفيهية Rec_Sites:

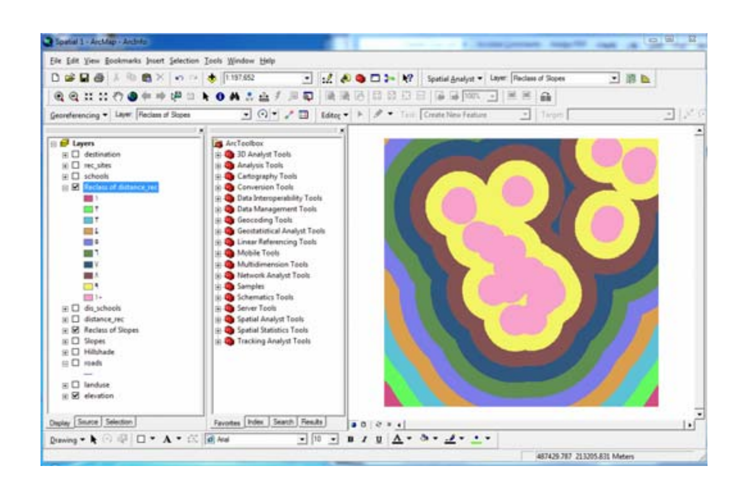
كلما كان موقع المدرسة الجديدة (الذي نريد تحديده) قريبا من المناطق الترفيهية كلما كان أفضل، ولذلك – وبنفس الطريقة - سنكرر عملية إعادة التصنيف من خلال إعطاء القيمة ١٠ (الأفضل) للمناطق القريبة و القيمة ١ (الأسوأ) للمناطق البعيدة عن المواقع الترفيهية:

من شريط أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst نختار أمر إعادة التصنيف reclassify. نختار الطبقة المدخلة input raster لتكون هي طبقة مسافات المواقع الترفيهية distance_rec ثم نضغط أيقونة التصنيف Classify لمزيد من الخيارات. نختار نوع الترميز Method ليكون بطريقة الفترات المتساوية Equal Intervals وكذلك نختار عدد الفئات Classes ليكون ١٠ ثم نضغط OK. سنعود للنافذة السابقة ونري أن الفئات أصبح عددها ١٠ لكنها مرتبة (في عمود old Values) ترتيبا تصاعديا ، فنقوم بإعطاء قيم جديدة لترتيب أو رتب الفئات (وليس لقيمة الميول ذاتها) ترتيبا تنازليا.

أمام الفئة الأولي (قيمة المسافة من ٠ إلي١٣٤٨ متر) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ١٠، أي أننا أعطينا أقل المسافات في منطقة الدراسة الرتبة أو الأهمية أو درجة الملائمة تبلغ ١٠ من ١٠، أو بمعني آخر فأن هذه الفئة من المسافات هي الأنسب لإقامة المدرسة الجديدة. أيضا أمام الفئة الثانية (قيمة المسافة من١٣٤٨ إلي ٢٦٩٧ متر) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ٩، أي أننا أعطينا ثاني فئة من حيث قرب المسافة في منطقة الدراسة الرتبة أو الأهمية أو درجة الملائمة تبلغ ٩ من ١٠. وهكذا لباقي الفئات وحتى الفئة الأخيرة (المسافات التي تتراوح من ١٢١٣٨ إلي ١٣٤٨٧ متر) والتي ستأخذ رتبة تساوي ١، أي أنها أقل الفئات مناسبة لموقع المدرسة الجديدة:



بالضغط علي OK تظهر الطبقة الجديدة Reclass of distance_rec (المسافات أو القرب من المناطق الترفيهية بعد إعادة تصنيفها طبقا لدرجة الملائمة لإنشاء المدرسة الجديدة)، حيث مواقع الرتبة ١٠ تعد هي أنسب المواقع للمدرسة الجديدة بناءا علي هذا المعيار:

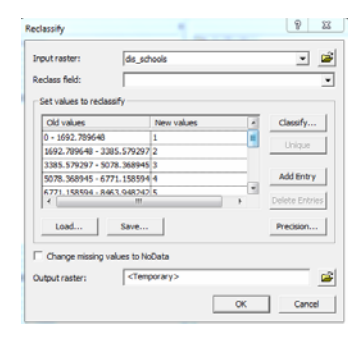


إعادة تصنيف طبقة المسافات من المدارس القائمة Dist_Schools:

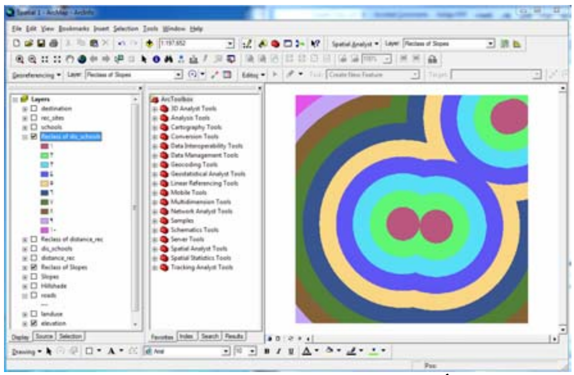
كلما كان موقع المدرسة الجديدة (الذي نريد تحديده) بعيدا عن المدارس القائمة كلما كان أفضل، ولذلك سنكرر عملية إعادة التصنيف من خلال إعطاء القيمة ١٠ (الأفضل) للمناطق البعيدة و القيمة ١ (الأسوأ) للمناطق القريبة عن المدارس الحالية:

من شريط أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst نختار أمر إعادة التصنيف reclassify. نختار الطبقة المدخلة input raster لتكون هي طبقة مسافات المدارس الحالية dist_schools ثم نضغط أيقونة التصنيف Classify لمزيد من الخيارات. نختار نوع الترميز Method ليكون بطريقة الفترات المتساوية Equal Intervals وكذلك نختار عدد الفئات Classes ليكون ١٠ ثم نضغط OK. سنعود للنافذة السابقة ونري أن الفئات أصبح عددها ١٠ لكنها مرتبة (في عمود old Values) ترتيبا تصاعديا ، فنقوم بإعطاء قيم جديدة لترتيب أو رتب الفئات (وليس لقيمة الميول ذاتها) ترتيبا تنازليا.

أمام الفئة الأولي (قيمة المسافة من ٠ إلي ١٦٩٢ متر) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ١ (وليس ١٠ كما في المثالين السابقين) ، أي أننا أعطينا أقل المسافات في منطقة الدراسة الرتبة أو الأهمية أو درجة الملائمة تبلغ ١ من ١٠، أو بمعني آخر فأن هذه الفئة من المسافات هي الأقل ملائمة لإقامة المدرسة الجديدة. أيضا أمام الفئة الثانية (قيمة المسافة من١٣٤٨ إلي ٢٦٩٧ متر) نجعل قيمة العمود New Values تساوي ٢. وهكذا لباقي الفئات وحتى الفئة الأخيرة (المسافات التي تتراوح من ١٥٢٣٥ إلي ١٦٩٢٧ متر) والتي ستأخذ رتبة تساوي ١٠، أي أنها أكثر الفئات مناسبة لموقع المدرسة الجديدة:



بالضغط علي OK تظهر الطبقة الجديدة Reclass of dis_schools (المسافات أو القرب من المدارس القائمة بعد إعادة تصنيفها طبقا لدرجة الملائمة لإنشاء المدرسة الجديدة)، حيث مواقع الرتبة ١٠ تعد هي أنسب المواقع للمدرسة الجديدة بناءا علي هذا المعيار:



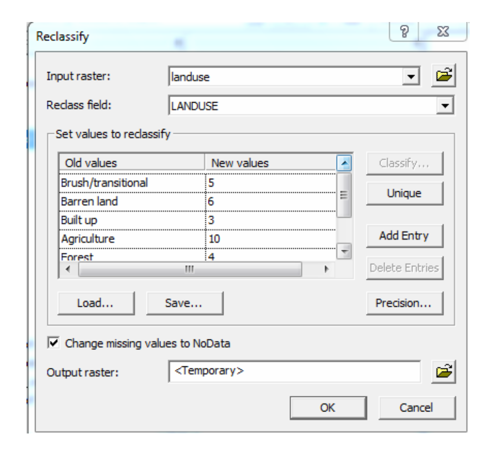
<u>إعادة تصنيف طبقة استخدامات الأراضي Landuse:</u>

اختيار أنسب موقع لإقامة المدرسة الجديدة ستعتمد علي نوع استخدامات الأراضي في منطقة الدراسة مع الأخذ في الاعتبار تكاليف إقامة المدرسة بناءا علي نوع استخدامات الأراضي. بالطبع فان الأراضي التي لها استخدام = مياه و مستنقعات لا تصلح لإقامة المدرسة الجديدة ولذلك سنستبعدها في عملية إعادة التصنيف الحالية (من خلال إعطائها قيمة أو رتبة = NoData):

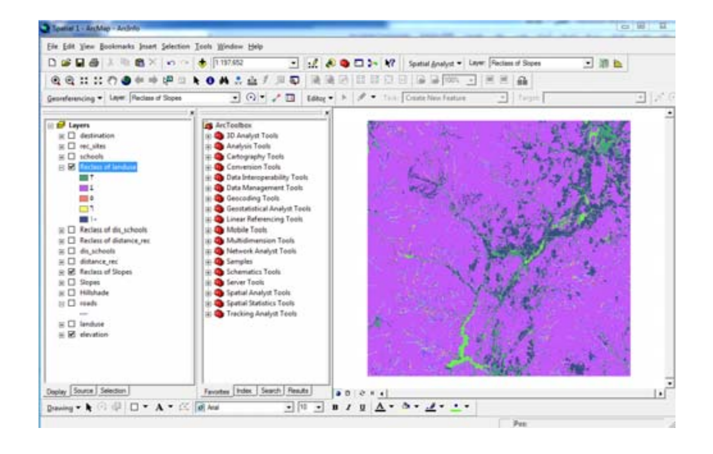
من شريط أدوات التحليل المكاني Spatial Analyst نختار أمر إعادة التصنيف reclassify. نختار الطبقة المدخلة input raster لتكون هي طبقة استخدامات الأراضي Landuse ثم نختار عمود التصنيف Reclass field ليكون هو عمود نوع استخدامات الأراضي LANDUSE. أمام أنواع الاستخدامات التالية Old Values سنغير قيمة الرتبة New Value لتصبح كالتالي (هذه القيم أو الرتب تم تحديدها بناءا علي بعض المعايير الهندسية أو بناءا علي خبرة المستخدم ذاته، أي أنها قيم <u>نسبية</u> وليست أساسا مطلقا ينمكن تطبيقه في مشروعات أخري):

New Value	Old Value	نوع الاستخدام
6	Barren Land	أرض قاحلة
10	Agriculture	أرض زراعية
5	Brush/Transitional	أرض عيص
4	Forest	غابات
3	Built up	أراضي سكنية

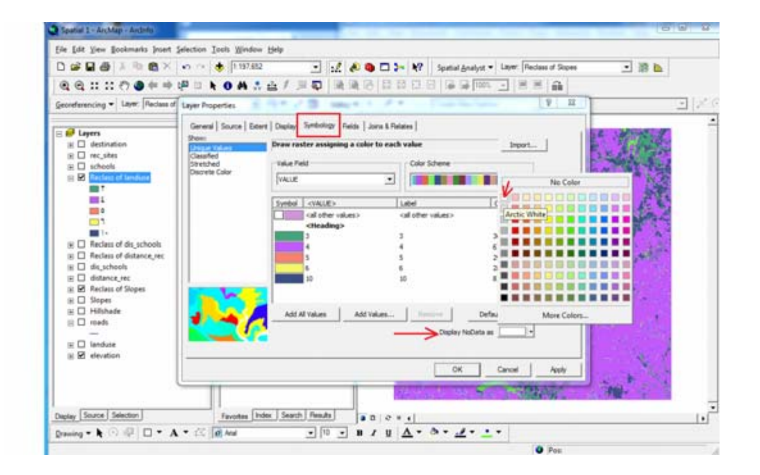
أما نوعي الاستخدام Water و Wet Lands فسنقوم بحذفهما من العمود عن طريق اختيار كل واحد منهم بالماوس ثم الضغط علي أيقونة حذف العنصر Delete Entity الموجودة علي يمين النافذة. ثم سنضع علامة صح أمام جملة: Change missing values to NoData أي جعل أي قيمة غير موجودة في قائمة الاستخدامات الحالية كما لو كانت بدون بيانات (ولن يتم أخذها في الاعتبار في إعادة التصنيف):



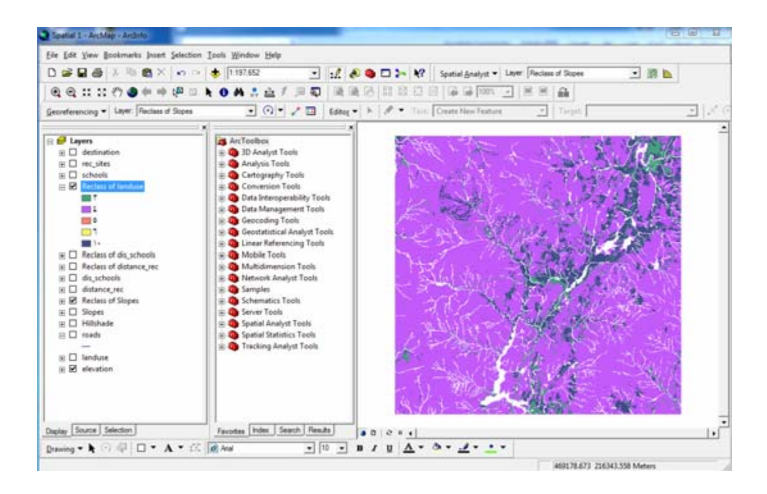
بالضغط علي OK تظهر الطبقة الجديدة Reclass of landuse (نوع استخدامات الأراضي بعد إعادة تصنيفها طبقا لدرجة الملائمة لإنشاء المدرسة الجديدة)، حيث مواقع الرتبة ١٠ تعد هي أنسب المواقع للمدرسة الجديدة بناء علي هذا المعيار:



لجعل المناطق غير المرغوب بها (مناطق المياه و المستنقعات والتي أعطيناها قيمة NoData) تظهر باللون الأبيض لكي تكون أكثر وضوحا علي الخريطة، نضغط دوبل كليك علي طبقة Reclass of Landuse ثم نضغط أيقونة الترميز Symbology وأمام جملة Display Nodata as نختار اللون الأبيض، ثم نضغط OK:



فتصبح هذه المناطق (مناطق المياه و المستنقعات) بيضاء علي الخريطة:



<u>وزن الشروط (المعايير أو المواصفات) لاختيار أنسب موقع للمدرسة الجديدة:</u>

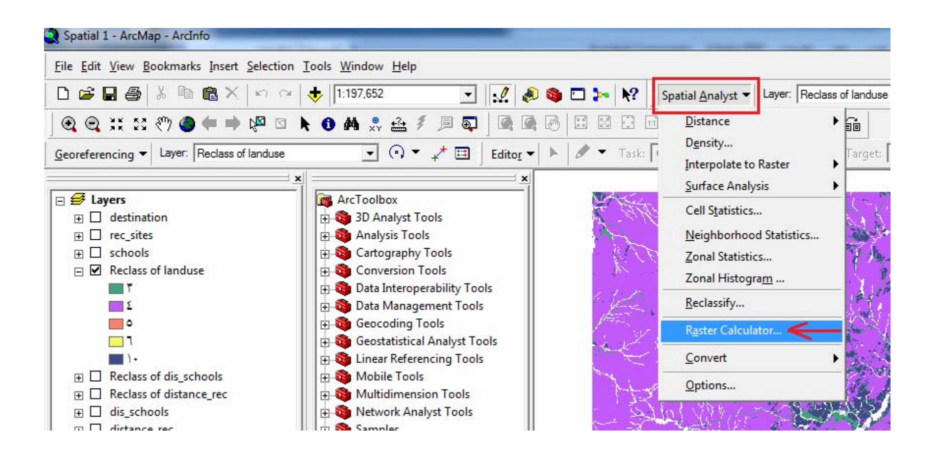
كما شرحنا في الجزء النظري من الكتاب أن الوزن هو معيار للتفرقة بين أهمية عنصر و عنصر آخر في نفس المجموعة. هنا سنطبق مفهوم الوزن للتفرقة بين أهمية الشروط (أو المعايير) الأربعة اللازمة لاختيار أنسب موقع لإقامة المدرسة الجديدة. يتم اختيار الأوزان بصورة نسبية بناءا علي خبرة المستخدم (أي قد يختلف تقدير الأهمية من شخص لآخر) أو بناءا علي معايير محددة إن وجدت.

في المثال الحالي سنقوم بتحديد وزن (أهمية) لكل شرط من الشروط الأربعة كالتالي (بشرط أن مجموع الأوزان = ١٠٠% أو = ١):

الشرط أو المعيار	الوزن	
	في صورة كسر	في صورة نسبة مئوية
القرب من المناطق الترفيهية Reclass of Dist_Rec	٠.٥	٥٠%

البعد عن المدارس الحالية Reclass of dist_schools	٠.٢٥	٢٥%
ميول الأرض Reclass of Slope	٠.١٢٥	١٢.٥%
نوع استخدامات الأراضي Reclass of Landuse	٠.١٢٥	١٢.٥%
المجموع	١.٠٠	١٠٠%

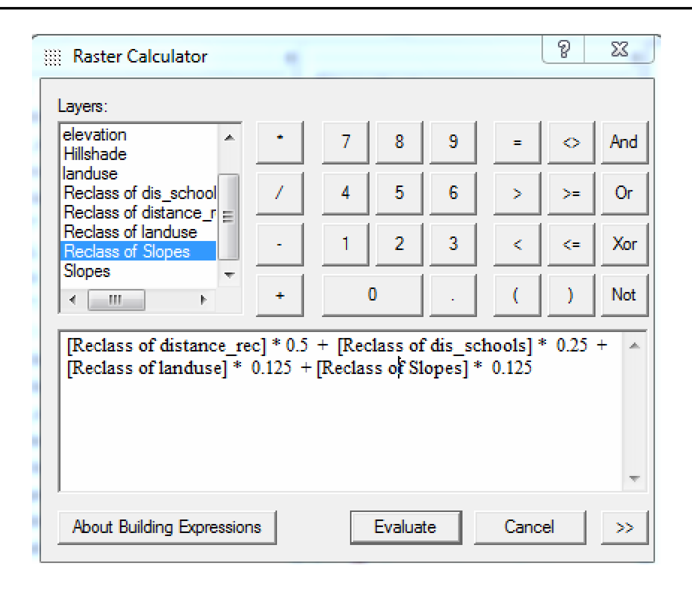
لتنفيذ هذه الخطوة سنستخدم أداة الآلة الحاسبة الشبكية Raster Calculator من شريط أدوات التحليل المكاني:



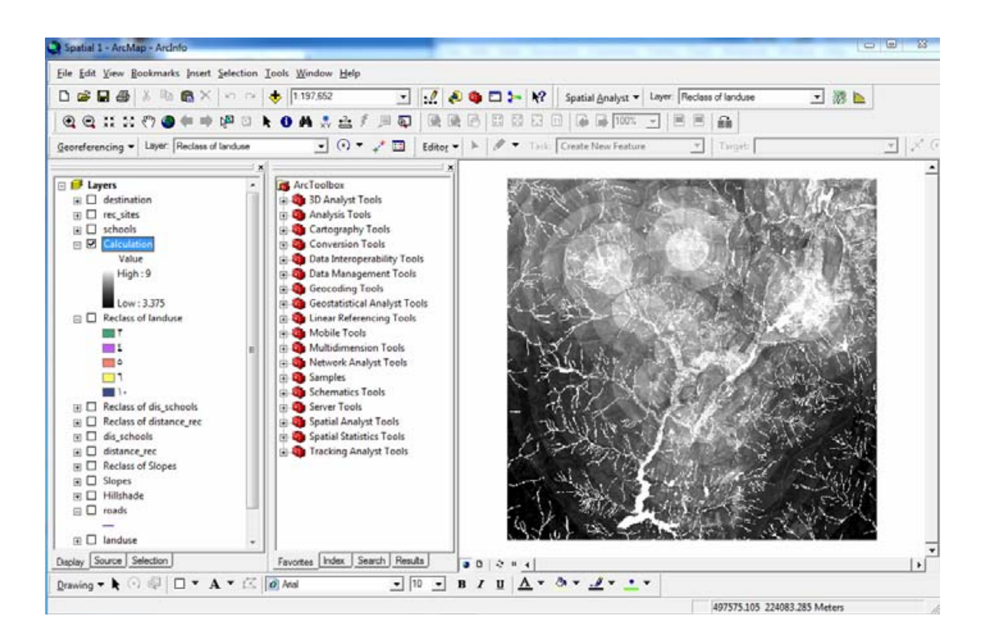
- نضغط دوبل كليك علي طبقة Reclass of distance_rec من قائمة الطبقات Layers ثم نضغط أيقونة علامة الضرب * ثم نكتب الرقم ٠.٥
- نضغط أيقونة علامة الجمع ثم نضغط دوبل كليك علي طبقة Reclass of dist_schools ثم نضغط أيقونة علامة الضرب * ثم نكتب الرقم ٠.٢٥
- نضغط أيقونة علامة الجمع ثم نضغط دوبل كليك علي طبقة Reclass of landuse ثم نضغط أيقونة علامة الضرب * ثم نكتب الرقم ٠.١٢٥
- نضغط أيقونة علامة الجمع ثم نضغط دوبل كليك علي طبقة Reclass of slopes ثم نضغط أيقونة علامة الضرب * ثم نكتب الرقم ٠.١٢٥

فتصبح المعادلة المطلوبة كالتالي:

[Reclass of distance_rec] * 0.5 + [Reclass of dis_schools] * 0.25 + [Reclass of landuse] * 0.125 + [Reclass of Slopes] * 0.125

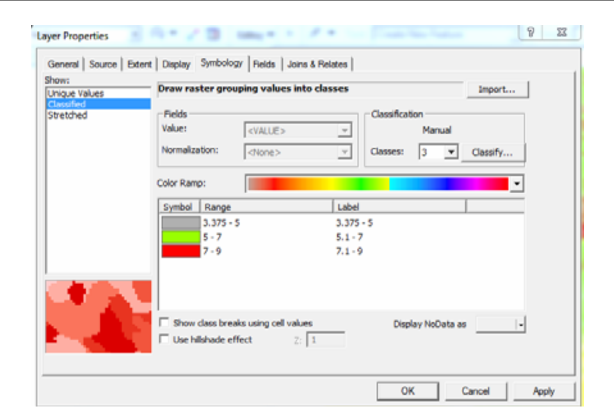


ثم نضغط أيقونة تقدير Evaluate من أسفل النافذة ليتم استنباط طبقة جديدة – أسمها Calculations - تعبر عن مجموع الطبقات (الشروط أو المعايير) الأربعة مع الأخذ في الاعتبار وزن (أهمية) كل معيار منهم:



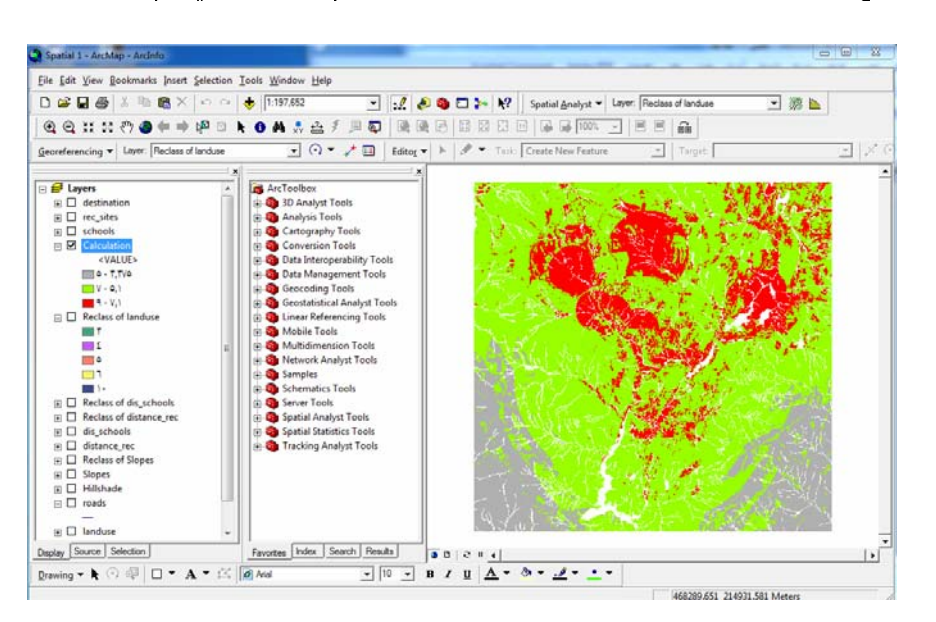
كما نلاحظ أن قيم عناصر ترميز الطبقة (في جدول المحتويات) تتراوح بين ٣.٣٧٥ و ٩.٠٠ و هي قيمة الملائمة (علي مقياس من ١٠) لمدي ملائمة كل مكان في منطقة الدراسة لإقامة المدرسة الجديدة. يدل ذلك علي عدم وجود مكان مثالي يحقق كافة الشروط الأربعة المطلوبة (لأن الحد الأقصى لقيم الملائمة هنا ٩ وليس ١٠).

لعرض النتائج – طبقة الملائمة Calculations – بصورة أفضل سنقوم بتغيير عناصر الترميز Symbology لها. نغير مثلا عدد فئات الترميز إلي ٣ ونغير أيضا ألوان هذه الفئات:



فتصبح خريطة (أو طبقة) الملائمة الآن تعبر عن ٣ فئات:

- مواقع قليلة الملائمة باللون الرصاصي (من ٣.٣٧٥ إلي ٥)
- مواقع متوسطة الملائمة باللون الأخضر (من ٥.١ الي٧)
- مواقع عالية الملائمة باللون الأحمر (من ٧.١ إلي ٩)



وبهذا نكون قد استخدمنا تقنية نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب مكان لإقامة المدرسة الجديدة. وبنفس هذه الطريقة يمكن تحديد أنسب مكان لإقامة أي نوع آخر من الخدمات (مستشفي أو مصنع أو مدفن نفايات ..... الخ) طالما توافرت الطبقات وتوافرت المعايير المطلوب تحقيقها للمكان المطلوب.

المراجع

(١) المراجع العربية:

(١-١) الكتب المطبوعة:

أبو عيانة، فتحي محمد (١٩٨٧م) ، مدخل إلي التحليل الإحصائي في الجغرافيا البشرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر.
إبراهيم، عيسي علي (١٩٩٩م) ، الأساليب الإحصائية و الجغرافيا ، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر.
الجابري، نزهة بنت يقطان (٢٠٠٥) تحليل النظام الحضري بمنطقة مكة المكرمة الإدارية، رسالة دكتوراه، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
الصالح، ناصر عبد الله و السرياني، محمد محمود (١٤٢٠ هـ) الجغرافيا الكمية و التطبيقية: أسس و تطبيقات بالأساليب الحاسوبية الحديثة، مكتبة العبيكان ، المملكة العربية السعودية.
زايد، مصطفي (٢٠٠٩م) الإحصاء و وصف البيانات ، القاهرة، مصر.
زرقطة، هيثم يوسف (٢٠٠٧م) نظم المعلومات الجغرافية: الدليل العملي الكامل لنظام ArcView 9، شعاع للنشر و العلوم، حلب، سوريا.
شلبي، علاء عزت و حسان، محمود عادل (٢٠٠٤م) تطبيقات الحاسب الآلي في التوزيع و التحليل المكاني، منشأة المعارف، الإسكندرية، مصر.
عبد المنعم، ثروت محمد (٢٠٠٧م) مدخل حديث للإحصاء و الاحتمالات، مكتبة العبيكان، الرياض، المملكة العربية السعودية.
عبده ، وسام الدين محمد (٢٠١٢م) إدارة نظم المعلومات الجغرافية باستخدام البرنامج ArcGIS Desktop، مكتبة المتنبي ، الدمام، المملكة العربية السعودية.

(١-٢) الكتب الرقمية:

داود ، جمعة محمد ، التحليل الإحصائي و المكاني باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcMap:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Dawod%20Spatial%7C_Analysis%202009.pdf

داود ، جمعة محمد ، الدليل العربي لتعلم برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcMap:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/ArcMap%20Tutorial_Ar%20Gomaa%20Dawod.pdf

داود ، جمعة محمد ، الدليل العربي لتعلم برنامج صندوق الأدوات في نظم المعلومات الجغرافية Arc ToolBox:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/ArcMap%20Tutorial_Ar%20Gomaa%20Dawod.pdf

الكيلاني، مضر خليل عمر، محاضرات في الإحصاء الجغرافي:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%20in%20Geography%20Ar.pdf

الأزهري ، محمد إيهاب صلاح (٢٠٠٩م) تطبيقات عملية في نظم المعلومات الجغرافية:

http://downtoolz.com/files/Habibovic/GIS.doc.pdf

أو

http://www.mediafire.com/?av3n7a1unxiwq9i

خواجه، خالد زهدي، خواجة أساسيات الاحتمالات، المعهد العربي للتدريب و البحوث الإحصائية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Basics%20of%20Probability.pdf

بري، عدنان ماجد عبد الرحمن، أساسيات اكسل – مع تطبيقات في الإحصاء و بحوث العمليات وعلم الإدارة، جامعة الملك سعود بالرياض:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Excel%20Basics%20Ar.pdf

بري، عدنان ماجد عبد الرحمن، طرق الحسابات الإحصائية باستخدام اكسل، جامعة الملك سعود بالرياض:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Excel%20Computation%20Ar.pdf

محمد، خالد، تحليل البيانات الإحصائية ببرنامج اكسل:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Excel%20Data%20Analysis.pdf

الشمري ، تحليل الانحدار الخطي المتعدد:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Multiple%20Linear%20Regression.pdf

عبد الفتاح، عز حسن، التحليل الإحصائي باستخدام SPSS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20data%20Analysis%20dr%7C_EZZ.PDF

عبد الفتاح، عز حسن ، الرسومات البيانية باستخدام برنامج SPSS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%2015%20GRAPHS.pdf

عبد الفتاح، عز حسن، عرض باوربوينت: التحليل الإحصائي باستخدام SPSS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Dr%7C_Eza%7C_bdu%7C_lfattah.pptx

حسين، هشام بركات، تحليل البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Analysis%20Ar.pdf

بشير، سعد زغلول، دليلك إلي البرنامج الإحصائي SPSS الجزء الأول:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Book%7C_1.pdf

بشير، سعد زغلول، دليلك إلي البرنامج الإحصائي SPSS الجزء الثاني:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Book%7C_2.pdf

بشير، سعد زغلول، دليلك إلي البرنامج الإحصائي SPSS الجزء الثالث:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Book%7C_3.pdf

بتال، أحمد حسين، مقدمة في البرنامج الإحصائي باستخدام SPSS ، جامعة الانبار بالعراق:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/SPSS%20Training%20Course%20Ar.pdf

جامعة الملك عبد العزيز بالمملكة العربية السعودية، مقدمة في الإحصاء:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/STAT%7C_Intro%20KABZ%7C_Univ.pdf

المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني بالمملكة العربية السعودية، مقدمة في الإحصاء:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Statistical%20Elements%20Ar.pdf

بري، عدنان ماجد، طرق التنبؤ الإحصائي – الجزء الأول، ، جامعة الملك سعود بالرياض:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Statistical%20Forecast%201%20Ar.pdf

محمد، أماني موسي، التحليل الإحصائي للبيانات، جامعة القاهرة:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Statistical%7C_Analysis%20Ar.pdf

نشوان، عماد، الدليل العملي لمقرر الإحصاء التطبيقي ، جامعة القدس المفتوحة:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Statistics%20Applied.pdf

خواجه، خالد زهدي، السلاسل الزمنية ، المعهد العربي للتدريب و البحوث الإحصائية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/Statistics%7C_Ar/Time%20Series.pdf

الشمري ، أحمد ، نظم المعلومات الجغرافية من البداية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GIS%20FROM%20START%20A_Shamry.pdf

عزيز، محمد الخزامي (٢٠١١م) تطبيقات عملية في نظم المعلومات الجغرافية:
http://uqu.edu.sa/files2/tiny_mce/plugins/filemanager/files/4260086/Aziz_GIS.rar

عبده ، وسام الدين محمد (٢٠٠٥م) ، نظم المعلومات الجغرافية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Arabic%20Surveying%20Materials/GIS%20Dr_Wesam.pdf

(١-٣) ملفات تدريبية رقمية:

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح الإرجاع الجغرافي في برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/1%20Rectify.wmv

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح إنشاء الطبقات في برنامج Arc Catalogue:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/2%20Create%20ShapFiles.wmv

داود، جمعة محمد، ملف فيديو لشرح ترقيم المضلعات في برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/3%20Digitize%20Polygons.wmv

الشافعي، رمضان، مجموعة ملفات فيديو لشرح عدة أجزاء و عمليات في برنامج Arc GIS:

1- Build Layers:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Build%20Layers.wmv

2- Change Detection:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Change%20_dediction.exe

3- Create Shape File:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Create%20Shap%20File.wmv

4- Digitizing:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/digitizing.exe

5- Map Properties:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Map%20Properties.wmv

6- Select by location:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/select%20by%20location.avi

7- Digitizing Lines:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Digitizing%20Lines.exe

8- Convert ARC GIS files to AutoCAD (4 parts):
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/dxf%7C_convert.part4.rar

9- Rectify a photo (4 parts):
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Rectify.part4.rar

10- ArcGIS Attribute Tables (6 parts)
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part1.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part2.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part3.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part4.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part5.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/taple.part6.rar

صبحي، محمد و الحسانين، مختار، ملف فيديو عن أساسيات التعامل مع Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Sobhy%20and%20Mokhtar%20GIS.rar

الحطاب، أحمد، استخدام برنامج الجوجل ايرث في أعمال الكروكيات والتطبيقات المساحية:
https://skydrive.live.com/?cid=0259cb4f889eaeb3&id=259CB4F889EAEB3%21232

الحسانين، مختار، ٨ ملف فيديو لشرح برنامج Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20GIS%20Vedio.rar

الحسانين، مختار، ملف فيديو لشرح الطبولوجي في برنامج Arc GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Topology%20Vedio.rar

طلبة ، علي ، خطوات عمل ميزانية شبكية من نموذج ارتفاعات رقمية DEM باستخدام برامج: جلوبال مابر ، اكسل ، أرك جي أي أس ثم تصدير النتائج إلي برامج الأوتوكاد و الجوجل ايرث:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Grids%20by%20DEM%20Ali_Tolba.pdf

عزام ، هشام ، مجموعة كبيرة من دروس الفيديو التعليمية لشرح برنامج Arc GIS لنظم المعلومات الجغرافية في المجلد:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Hesham_Azam_Vedio

شكري، ماجدة، الترميز في نظم المعلومات الجغرافية:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/GIS%20Symbology.pps

ملف مضغوط يحتوي داخله علي ٨ ملفات فيديو تدريبية لشرح التعامل مع برنامج Arc Map:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20GIS%20Vedio.rar

فيديو يشرح كيفية تحويل ملف نقاط إلي خطوط كنتور داخل برنامج Arc MAP.
http://www.arabgeographers.net/vb/attachment.php?attachmentid=695&d=1229513243
أو:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Contour%20in%20Arc%20Map.rar

مجموعة من دروس الفيديو التعليمية لشرح برنامج Arc GIS لنظم المعلومات الجغرافية للأستاذ / هشام عزام. المجموعة كاملة موجودة في مجلد علي أحد المواقع المجانية لتخزين الملفات في الرابط:

http://www.mediafire.com/?sharekey=21482db1d5f1917b08d8a638a7d1bbf7937010e28de60051b99f3f1679ee9294

إلا أن بعض الملفات حجمها كبير جدا حتى وهي مضغوطة !! (تم ضغطها باستخدام برنامج 7Z والذي يمكن الحصول عليه مجانا من موقع: http://www.7-zip.org لإزالة الضغط عن هذه الملفات).

رابط آخر للمجموعة في:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Hesham_Azam_Vedio

دروس فيديو تعليمية للمهندس / محمد عبد القادر تشرح برنامج Arc Catalogue أحد مكونات برنامج Arc GIS الشهير لنظم المعلومات الجغرافية. الدروس معروضة في ٧ أجزاء صغيرة في نادي نظم المعلومات الجغرافية في الرابط:
http://www.gisclub.net/vb/showthread.php?t=5692
تم تجميع الدروس السبعة في ملف فيديو واحد وتم رفعه للمكتبة في نسختين: نسخة فيديو بحجم ٣٥ ميجا ونسخة أخري مضغوطة بحجم ٢٠ ميجا فقط في:
نسخة الفيديو:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20Cataloge.wmv

الملف المضغوط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Arc%20Cataloge.rar

ملف فيديو للمهندس / محمد الأزهري (٢٤ ميجا) يشرح استخدام كلا من برنامج Global Mapper و برنامج Google Earth في عمل خريطة كنتورية لمنطقة جغرافية:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/Contour%20GE%20and%20GMapper.wmv

شرح بالفيديو وباللغة العربية لبرنامج أوتوكاد ٢٠١٠ للمهندس/ محمود عبد الرازق (المحاضر بكلية الهندسة جامعة القاهرة بمصر). والملفات أصلا موجودة في الرابط:

٤shared.com/ dir/22301504/6a4215fc/sharing.html

أو في مجلد واحد في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/browse.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio

و أسماء الملفات مرتبة طبقا لأيام هذه الدورة التدريبية ، مثلا day1-1, day 1-2، day1-3 ....etc بحيث يمكن تتبع الدروس طبقا لوضعها ووقتها الصحيح في الدورة. بعض ملفات الفيديو بصيغة wmv والتي يمكن فتحها بأي برنامج وسائط مثل Window Media Player بينما بعض الملفات الأخري بصيغة avi والتي ان تم فتحها بأي برنامج تتحول الي ملفات صوت فقط ولا يمكن رؤية الصورة لأنها تحتاج لبرنامج VLC Player لعرضها بصورة سليمة ، وهذا البرنامج مجاني علي الانترنت وقد تم وضع نسخة منه في نفس المجلد في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio/VLC%20Player%201.1%20for%20AVI%5E_Vedio.exe

كما يوجد ملف واحد بصيغة camst وهو يحتاج لبرنامج Camstica Player ليمكن فتحه ، وأيضا تم رفع نسخة تجريبية (لمدة ٣٠ يوم) من هذا البرنامج في نفس المجلد في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.office.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/ACAD2010%5E_Vedio/camtasia.msi

كما يوجد ملفين day6-3 and day6-4 حجم الملف منهما أكثر من ٥٠ ميجا تم تجزئة كل واحد الي جزأين حجم الواحد ٤٠ ميجا فقط حتي يمكن رفعهما للمكتبة.

١٦٠ ملف فيديو عن برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc GIS من شركة ESRI ، وهي ملفات معروضة في أكثر من موقع علي الانترنت و رأينا ضمها لمحتويات المكتبة الرقمية المساحية المجانية كرابط دائم – وليس مؤقت – لهذه الثروة العلمية الرائعة (يجب ملاحظة عدم وجود صوت في ملفات الفيديو هذه). تم ضغط ملفات الفيديو (حجمها الاصلي ٢٦٧ ميجا !) في ٩ أجزاء مضغوطة بحيث لا يتعدي حجم الجزء الواحد ٣٠ ميجا فقط لسرعة تحميله ، وبعد تحميل جميع الاجزاء يتم استخدام برنامج WinRar لفك الضغط و اعادة انتاج الملفات الاصلية.

روابط الاجزاء التسعة المضغوطة:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part01.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part02.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part03.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part04.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part05.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part06.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part07.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part08.rar

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/AG%20Videos.part09.rar

كما أن الطبقات و الملفات الأصلية المستخدمة في الشرح (لملفات الفيديو) موجودة أيضا ويمكن التدريب عليها، وقد تم ضغطها ورفعها للمكتبة (ملف حجمه ٤٠ ميجا) في الرابط:

http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/GIS%20Training%20Vedio/AG160Vedio/GISMAT%20DATA.rar

(٢) المراجع الأجنبية:

(٢-١) الكتب المطبوعة:

Albert, D., Gesler, W., and Levergood, B. (2000) Spatial analysis, GIS, and remote sensing applications in the health sciences, Taylor & Francis, London, UK.

Fotheringham, S. and Rogerson, P. (2005) Spatial analysis and GIS, Taylor & Francis, London, UK.
Maidment, D. (2002) Arc Hydro: GIS for water resources, ESRI Press, California, USA.
Paez, A., Gallo, J., Buliung, R., and Dall'erba, S. (2009) Progress in spatial analysis, Springer, Berlin, Germany.
Rogerson, P. (2001) Statistical methods for geography, SAGE publications, London, UK.
Stillwell, J. and Clarke, G. (2004) Applied GIS and spatial analysis, Wiely, New York, USA.
Wong, D. (2001) Statistical analysis with Arc View GIS, Wiely, New York, USA.

(٢-٢) الكتب الرقمية:

Functional data analysis:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Functional%20Data%20Analysis.rar

Intelligent positioning: GIS-GPS unification:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/GPS%7C_GIS%20Unification.pdf

A primer of GIS – Fundamental geographic and cartographic concepts:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/A%20Primer%20of%20GIS.rar

GIS data sources:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/GIS%20Data%20Sources.pdf

Innovations in GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Inovvations%20in%20GIS.rar

Practical GIS analysis:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Practical%20GIS%20Analysis.rar

Spatial analysis and GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Spatial%20Analysis%20and%20GIS.rar

Stat analysis, GIS, and RS applications in the health sciences:

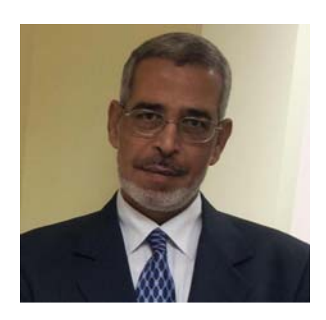
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Stat%7C_Analysis%20GIS%20and%20RS.rar

Uncertainty in RS and GIS:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Uncertainty%20in%20RS%20and%20GIS.pdf

Uncertainty in geographic information:
http://cid-0259cb4f889eaeb3.skydrive.live.com/self.aspx/Books%7C_En/Uncertanity%20in%20Geo%7C_Information.pdf

UN (United Nations) Handbook on Geographic Information Systems and Digital Mapping:
http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_79E.pdf

نبذة عن المؤلف



الدكتور جمعة محمد داود من مواليد السويس بجمهورية مصر العربية في عام ١٩٦٢م (الموافق ١٣٨٣ هـ). حصل علي درجة البكالوريوس في الهندسة المساحية في عام ١٩٨٥م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر ، ودرجة الماجستير من قسم العلوم الجيوديسية والمساحة من جامعة ولاية أوهايو بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٩١م، ودرجة الدكتوراه في عام ١٩٩٨م من كلية الهندسة بشبرا – جامعة بنها بمصر.

يعمل د. جمعة داود منذ عام ١٩٨٧م بمعهد بحوث المساحة بوزارة الموارد المائية والري بمصر، ويعمل أيضا منذ عام ٢٠٠٥م بجامعة أم القرى بمكة المكرمة بالمملكة العربية السعودية. حصل د. جمعة داود علي درجة أستاذ مشارك في عام ٢٠٠٤م وكذلك درجة الأستاذية في الهندسة المساحية في عام ٢٠٠٩م.

فاز د. جمعة داود بجائزة أفضل بحث في المساحة في مصر في أعوام ٢٠٠٥، ٢٠٠٦، ٢٠٠٧، ٢٠٠٩م كما تم اختياره في الموسوعة الدولية للعلوم والهندسة Who is Who للفترة ٢٠١١-٢٠١٢م.

نشر د. جمعة داود حتى الآن خمسة وأربعين بحثا في الهندسة المساحية منهم أثنتا عشر ورقة علمية في مجلات عالمية و مؤتمرات دولية في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و انجلترا و ايطاليا و استراليا بالإضافة للنشر في مجلات و مؤتمرات في كلا من المملكة العربية السعودية و مملكة البحرين والمملكة المغربية و جمهورية مصر العربية.

د. جمعة داود متزوج من د. هدي فيصل الباحثة بمعهد بحوث المساحة وله ثلاثة أبناء مصطفي و محمد بكلية الهندسة بجامعة القاهرة و سلمي بالصف السادس الابتدائي.

حج د. جمعة داود بيت الله الحرام أربعة مرات وأعتمر عدة مرات بفضل الله تعالي.